

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département Nutrition et Technologie Agro Alimentaire

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Hydrogéologie

Présenté par :

BELABDI SABRINA

BENAOUDA KHEIRA

BERROUANE WASSILA

Thème

**Etude Comparative de la qualité des eaux souterraine
dans la région de Sidi Kadda et Mamounia
Wilaya de Mascara**

Soutenu publiquement le 04 Juillet 2022

Jury:

Président: Mr SEBOUA T.

M.A.A

Université de Tiaret

Encadrant: Mme ZERKAOUI L.

M.C.B

Université de Tiaret

Examineur : Mr MOUCHARRA N.

M.A.A

Université de Tiaret

Année universitaire 2021-2022

Dédicaces

*A mon père LAHCENE qui a su me donner un savoir
vivre et qu'aïmons.*

*A ma mère FATIHA qui a toujours veille sur mon
éducation et pour tout ce qu'elle m'a toujours donné.*

A mes grandes mères : MBARKA ET AICHA

*A mes frères : MOHAMED AMINE ET ABD
ELHAKIM*

A mes sœurs : ZINE ET AHLEM

A mes tantes : FATMA ET ZOÛRA

A toutes les familles : BELABDI ET HAMID

*A toutes mes amies sans exception et surtout : KHEIRA
MERIEM ZAHRA HANANE SEHILA RACHA
SARAH*

*A la promotion master hydrogéologie, université de
Tiaret 2021-2022*

BELABDI SABRINA

Dédicaces

*Je Dédie Ce Travail A Ma Mère Pour Son Amour, Ses
Encouragements Et Ses Sacrifices*

*A Mon Père Pour Son Soutien, Son Affection Et La
Confiance Qu'il M'accorde A Mes Chers Frères Fouad,
Abdelwahab Et Mes Sœurs Amel Et Wafaa.*

A tout mes amis de promotion STU année 2021/2022

A toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

BERROUANE WASSILA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à...

*(Mes parents) mon père a son soutien moral et
exemplaire*

-A l'esprit de ma mère (RABI YRHAMHA).

-Mes chers frères: ABDELKADER, MOHAMED

-Mes chères sœurs: NAIMA, JAWHAR, IKRAM,

Et mes petites sœurs AMOLA, ET MERIEM ISRAA

A toutes les familles : BEN AOUDA ET BAGHDACHE

-Mes meilleurs amis pour leur soutien et leurs conseils:

*SABRINA, CHAIMA HAFIDA Chacun par son nom et
à toute personne qui reste convaincre que l'effort
sincère et honnête est la seule voie vers la réussite et la
réalisation de soi Qu'ils trouvent tous ici, le témoignage
de notre amour, notre gratitude et notre tendresse.*

Merci

BENAOUDA KHEIRA

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions « ALLAH » patience de nous avoir donné la force et la terminer ce travail.

Nous remercions profondément Mme ZARKAOUI LAIDIA pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail en acceptant diriger cette étude, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et sa rigueur scientifique.

Nous remerciment s'adressent également à

Mr Mr SEBOUA T. Qui a eu la bienveillance d'accepter de juger et de présider la soutenance.

Nous remercions Mrs Mr MOUCHARRA N. D'avoir accepté de juger ce travail et de nous avoir consacré une partie de leurs temps.

Nous remercions très chaleureusement Mr ALLEM BAGHDAD, hydrogéologue de la direction de ressources en-, Mascara pour ses orientations et ses remarques fructueuses.

Enfin, nous remercions tous et toutes qui nous soutenu durant la réalisation de ce travail et tous les enseignants du département d'hydrogéologie- université de Tiaret de nous avoir fourni leur savoir et aide.

الملخص:

منطقة سيدي قادة والمأمونية هما جزء لا يتجزأ من سهل غريس ، الواقع في الشمال الغربي للجزائر، وتتميز بمناخها شبه الجاف، تمتاز هذه المنطقة بطابعها الفلاحي بحيث تمثل المياه الجوفية أهم مورد لري مختلف المحاصيل الزراعية. الهدف من عملنا هو مقارنة جودة المياه الجوفية بين منطقتين مختلفتين من حيث الموقع، والبنية الليتولوجية، وتحديث المعرفة الهيدروجيولوجية لسهل غريس: قياس الضغط والتوصيف الهيدروكيميائي. بحيث تم الحصول على المنهجية المعتمدة من الخرجات الميدانية وكذلك البيانات المطلوبة من قبل الجزائرية للمياه ومديرية الموارد المائية لولاية معسكر والحوض الهيدروغرافي لإلقاء نظرة على خصائص المنطقتين وتحديد الجودة الكيميائية للمياه.

تنقسم مياه المنطقتين إلى ثلاث أقسام كبيرة حسب العنصر الغالب في المحلول. من بين العناصر الكيميائية التي تم تحليلها ، يسود أيون المغنيسيوم (Mg) في عادي يليه أيون الكلور (Cl) وأيون الصوديوم (Na). أظهرت النتائج المتحصل عليها أن دراسة تذبذب منسوب المياه في أحد عشر (11) بئر ارتوازي. التي ترأب طبقات المياه الجوفية في منطقتي المأمونية وسيدي قادة ، شهدت انخفاضاً مستمراً وكبيراً خلال العقدين الماضيين بسبب الاستغلال المفرط وجودة المياه الجوفية محملة بشكل خاص بـ Ca^{++} ، Na^{+} ، Cl^{-} ، SO_4^{-} و HCO_3^{-} ولكن بطريقة غير متكافئة.

كما تبين أن مياه سيدي قادة مصنفة C3S1 ، مما يشير إلى أنها مياه ذات نوعية جيدة ، وهي أكثر تمعدناً من تلك التي كانت في الفئة المأمونية. تظهر في وسط السهل، وهي مناسبة للنباتات، والتربة المتطورة (الصرف الجيد) تتطلب مراقبة دورية لتطور الملوحة والتمعدن ذو نوعية جيدة جداً. من ناحية أخرى ، تعتبر مياه المأمونية من فئات C3S1 ، وهي مياه ذات جودة رديئة، وهي أكثر تمعدناً من تلك الموجودة في فئة سيدي قادة. تظهر في شمال السهل. تتميز مياه المأمونية بنسبة تمعدن عالية نسبياً (880 مجم / لتر) (ازداد التمعدن في السنوات الأخيرة بسبب كثافة ضخ المياه، وكذلك بسبب تأثير الجفاف الذي تعرضت له المنطقة منذ الثمانينيات، والذي يتجسد في التبخر الشديد، وندرة هطول الأمطار ، والتلوث المتسرب.

يتسبب هذا الاستغلال المفرط في نتيجتين توصفتا بإشارات إنذار:

- انخفاض كبير في منسوب المياه الجوفية يظهر عدم توازن بين المساهمات الشهب وأخذ العينات.
- زيادة ملوحة المياه الجوفية.

لحل هذه المشكلة يجب علينا دراسة جيدة قبل إنشاء نقاط المياه آبار، إلخ (لا يتجاوز معدل تدفق الآبار معدل التدفق الحرج لمنسوب المياه الجوفية).

استخدام تقنيات الري العقلاني (الري المحوري، التنقيط ، الرش، إلخ ؛ من بين الآفاق المستقبلية يتطلب تدخل متخذي القرار للاستثمار في مجال تعبئة المياه المعدنية في قرارات دفع عجلة الاقتصاد لخلق مصدر للتوظيف وخاصة في منطقة سيدي قادة المنطقة التي تعاني الفقر المتقع حيث الدخل الفردي للسكان.

الكلمات المفتاحية: الهيدروجيولوجيا ، قياس الضغط ، الكيمياء المائية ، سيدي قادة ، المأمونية ، سهل غريس

RESUME

La région de Sidi Kadda et Mamounia font partie de la plaine de Ghriss, situées au nord-ouest de l'Algérie, caractérisée par son climat semi-aride, est une zone à vocation agricole où l'eau souterraine constitue la principale ressource utilisée pour irriguer les cultures. L'objectif de notre travail est de comparer la qualité des eaux souterraines entre deux régions différentes du point de vue localisation, structure litologique, l'actualisation des connaissances hydrogéologiques de la plaine de Ghriss : Caractérisation piézométrique et hydrochimique. La méthodologie adoptée est acquise sur les enquêtes sur terrain ainsi que les données requises par DRE l'ADE de Mascara et l'ABH d'Oran pour prendre une vision sur les caractéristiques des deux régions et déterminer la qualité chimique des eaux.

L'eau de des deux régions en trois grandes classes suivant l'élément prépondérant en solution. Parmi les éléments chimiques analysés, l'ion magnésium (Mg) est dominant dans la plaine suivi par l'ion chlore (Cl) et l'ion sodium (Na).

Les résultats obtenus montrent que l'étude de la fluctuation du niveau d'eau dans les onze (11) piézomètres; qui surveille les nappes des deux régions de Mamounia et Sidi Kadda, a subi un rabattement continu et considérable depuis les deux dernières décennies du fait de sa surexploitation et la qualité des eaux de la nappe est particulièrement chargée en Ca^{++} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{--} , et HCO_3^- mais d'une façon inégale.

On a obtenu que les eaux de Sidi Kadda sont classées C3S1, désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont plus minéralisées que celles de la classe précédente. Elles se manifestent au centre de la plaine, convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel, sol bien aménagé (bon drainage) nécessite un contrôle périodique de l'évolution de la salinité et la minéralisation est très bonne qualité. Par contre les eaux de Mamounia sont des classes C3S1, désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont plus minéralisées que celles de la classe de Sidi Kadda. Elles se manifestent au Nord de la plaine.

L'eau de Mamounia est caractérisée par une minéralisation relativement élevée (880 mg/l), cette minéralisation est en tendance d'augmentation dans les dernières années due à l'intensité de pompage d'eaux, et aussi par l'effet de sécheresse que sévit la région depuis les années 1980, qui est matérialisé par l'évaporation intense, la rareté des précipitations et la pollution par les infiltrations.

Cette surexploitation provoque deux conséquences qualifiées de signaux d'alarme:

- Un rabattement important de la nappe montre d'un déséquilibre entre les apports météoriques et les prélèvements.
- Une augmentation de la salinité des eaux de la nappe.

Pour résoudre ce problème il faut :

- Une bonne étude avant l'implantation des points d'eaux (forages, puits,...etc.).
- Le débit des forages ne dépasse pas le débit critique de la nappe.
- L'utilisation des techniques d'irrigation rationnelles (pivot, goutte à goutte, aspersion, ...).

On perspectives d'avenir, Elle nécessite l'intervention des décideurs pour investir dans le domaine de l'embouteillage de l'eau minérale dans les décisions de pousser la roue de l'économie pour créer une source d'emploi, notamment dans la zone de Sadi Kadda, qui est pauvre en termes de revenus libres de la population.

Mots clés : Hydrogéologie, piézométrie, hydrochimie, Sidi Kadda, Mamounia, plaine de Ghriss

ABSTRACT

The region of Sidi Kadda and Mamounia are part of the plain of Ghriss, located in the northwest of Algeria, characterized by its semi-arid climate, is an agricultural area where groundwater is the main resource used for irrigate crops. The objective of our work is to compare the quality of groundwater between two different regions from the point of view of location, litological structure, the updating of hydrogeological knowledge of the Ghriss plain: piezometric and hydrochemical characterization. The methodology adopted is acquired from field surveys as well as the data required by DRE ADE Mascara and ABH Oran to take a view of the characteristics of the two regions and determined the chemical quality of the waters.

The water of the two regions into three large classes according to the preponderant element in solution. Among the chemical elements analyzed, the magnesium ion (Mg) is dominant in the plain followed by the chlorine ion (Cl) and the sodium ion (Na).

The results obtained show that the study of the fluctuation of the water level in the eleven (11) piezometers; which monitors the aquifers of the two regions of Mamounia and Sidi Kadda, has undergone a continuous and considerable drawdown for the last two decades due to its overexploitation and the quality of the aquifer water is particularly loaded with Ca⁺⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄⁻⁻, and HCO₃⁻ but in an unequal way.

It was obtained that the waters of Sidi Kadda are classified C3S1, designating waters of poor quality, which are more mineralized than those of the previous class. They appear in the center of the plain, suitable for plants with good salt tolerance, well-developed soil (good drainage) requires periodic monitoring of the evolution of salinity and mineralization is very good quality. On the other hand, the waters of Mamounia are of the C3S1 classes, designate waters of poor quality, which are more mineralized than those of the Sidi Kadda class. They appear in the north of the plain.

Mamounia water is characterized by a relatively high mineralization (880 mg/l), this mineralization has been increasing in recent years due to the intensity of water pumping, and also by the drought effect that has plagued the region since the 1980s, which is materialized by intense evaporation, the scarcity precipitation and seepage pollution.

This overexploitation causes two consequences qualified as alarm signals:

- A significant drawdown of the water table shows an imbalance between the contributions meteors and sampling.
- An increase in the salinity of groundwater.

To solve this problem you must:

- A good study before setting up water points (boreholes, wells, etc.).
- The flow rate of the boreholes does not exceed the critical flow rate of the water table.
- The use of rational irrigation techniques (pivot, drip, sprinkling, etc.).

On future prospects , It requires the intervention of decision makers to invest in the field of bottling mineral water in decisions to push the wheel of the economy to create a source of employment, especially in the area of Sidi Kadda, who is poor in terms of free income from the population.

Keywords: Hydrogeology, piezometry, hydrochemistry, Sidi Kadda, Mamounia, plain of Ghriss

Liste des Figures

Fig. II.01. Situation géographique du bassin versant d'Oued Fekan par rapport au découpage administratif de la wilaya de Mascara.....	11
Fig. II.02 Situation géographique de la plaine de Ghriss Image satellitaire 12 jan 2017.....	13
Fig. II.03 Situation géographique du bassin versant de la Macta et sous bassin d'oud Fekan.....	14
Fig. II.04. Précipitations mensuelles moyennes interannuelles, pour les 3 stations : Matmore, Ghriss et Ain fekan du (1979 à 2016) en mm.....	16
Fig. II.05. Carte des précipitations moyennes interannuelles de la plaine de Ghriss du 1976 au 2016 (Selon Bouabssa N. ,2017).....	17
Fig. II.06 les précipitations interannuelles au niveau de trois stations climatique dans le plain de Ghriss entre 1979 au2016.....	18
Fig. II.07. Températures moyennes, minimales et maximales à la station de Matemore du (1998 au 2016).....	19
Fig. II.08. Diagramme de l'humidité moyenne mensuelle des 03 stations de la plaine de Ghriss du 1979 aux 2016.....	20
Fig. II.09. Diagramme Ombrothèrmique des 03 stations :(Matemore, Ghriss et Ain Fekan) pour les périodes (1979-2016).....	21
Fig. II.10. Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année.....	26
Fig. III .01 . Délimitations des Sous Bassin Versant de la plaine de Ghriss.....	31
Fig. III.02. Carte géologie du sous bassin versant d'oued Fekan extraite (Bekkoussa S.et al.2016).....	33
Fig. III .03. Coupe Hydrogéologique de la plaine de Ghriss (DRE MASCARA)	38
Fig. III.04. Log stratigraphique dans la plaine de Ghriss (d'après Sourisseau 1974).....	39
Fig. III .05 Coupe Lithologique du forage SD4 Mamounia.....	46
Fig. IV.01. Diagramme de piper de Sidi Kadda.....	57
Fig . IV.02. Diagramme de piper de Mamounia.....	58
Fig. IV.03. Diagramme de piper Mamounia et Sidi Kadda	59
Fig. IV.04. Diagramme de Schoeller Berkalloff des eaux souterraines de Mamounia.....	60
Fig. IV.05. Diagramme de Schoeller Berkalloff des eaux souterraines de Mamounia et Sidi Kadda.....	61
Fig. IV.06. Diagramme de Schoeller Berkalloff des eaux souterraines de Sidi Kadda.....	62
Fig. IV.07. Diagramme de Richards des eaux souterraines de Mamounia.....	64
Fig. IV.08 Diagramme de Richards des eaux souterraines de la région de Sidi Kadda.....	65

Liste des Tableau

Tableau. II.01 : Caractéristiques des stations pluviométriques de la Plaine de Ghriss.....	15
Tableau. II.02 présente les indices d'aridité français.....	22
Tableau. II.03 L'indice d'aridité des stations de Matemore, Ain Fekan et Ghriss (1979-2016).....	23
Tableau. II.04 Indices d'aridités mensuelles.....	25
Tableau. II.05 Vitesse du vent (m/s) des Stations météo.....	26
Tableau. II.06 Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne.....	27
Tableau. III.01.champs de captage au niveau de deux régions.....	43
Tableaux. IV. 01. Les différents paramètres physiques-Chimique.....	55

Abréviations

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (°C)

I : Indices d'aridités mensuelles.

E : Evaporation en mm ;

e_s : Tension de vapeur d'eau saturante correspondante à la température de la surface en mb ;

e_a : Tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère en mb ;

V : Vitesse du vent en m/s ;

n : Nombre de jours du mois considéré.

Ca: Calcium

CaCO₃: Carbonate's

Mg : Magnésium

Na : Sodium

K : Potassium

Cl⁻ : Chlorures

So₄⁻ : Sulfate

No₃⁻ : Nitrate

Ph: propriété physique

TA : titre alcalimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

DRE : direction des ressources en eau

ABH : Agence de Bassin Hydrographique Oranie – Chott Chergui

ANRH : Agence National des Ressources Hydrique

ADE : Algerienne Des Eaux

HCO₃_Ca :Biicarbonaté calicique

SAR : Risque de salinisation et d'alcalisatoin

SOMMAIRE

Liste des Figures.....	1
Liste des Tableaux.....	1
<i>SOMMAIRE</i>	1
<i>Abréviations</i>	1
Introduction général	1
Chapitre I Généralité sur les eaux souterraines	3
Introduction	4
I.1. Notions et définition.....	4
I.2. Les eaux souterraines en Algérie	6
I.3. Sources de pollution des eaux souterraines	7
a- Naturel.....	7
b- agricole.....	7
c- industriel.....	8
d- résidentie	8
I.4. Chimisme des eaux souterraines.....	9
Chapitre II : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	12
II . Cadre Géographique de la zone d'étude.....	12
II .1 . Situation géographique.....	12
II.2 Aspect géomorphologique.....	13
II.3. Etude Climatique.....	16
II.3. 1. Caractères climatique	17
II. 3. 1.1. La pluviométrie	17
II. 3. 1. 2. La température	20
II. 3. 1. 3. - L'humidité relative	21
II. 3. 1. 4. Synthèses climatiques :.....	22
II. 3. 1. 4. 1. Courbe Ombrothermique	22
II. 3. 1. 5. L'indice d'aridité.....	23
II. 3. 1. 5.1. L'indice d'aridité de DE MARTONNE	24
II. 3. 1.7. Evaporation	29
II.5 Pédologie.....	29
Chapitre III : Cadre géologique, hydrogéologique de la zone d'étude	30
III.1 Contexte géologique et hydrogéologique	30
III.1.1. Réseau hydrographique	30
III.1.2. Géologie de la région	32
III.1.3. Le secondaire.....	33
III.1.4. Le Tertiaire	34
III.3. Cadre hydrogéologique	36
III.3.1. Principaux aquifères dans la plaine de Ghriss	37
III.3.2. L'exutoire et l'alimentation :.....	40
III.3.3. Les paramètres hydrodynamiques des différentes nappes:.....	40
III.4. Grandes formations hydrogéologie et leurs exutoires de Sidi Kadda.....	42
III.4. Diminution de la ressource en eau souterraine	42
III.4. Champs de captage à travers la wilaya de mascara	43
Conclusion.....	47
CHAPITRE IV : HYDRO-CHIMIE DE LA ZONE D'ETUDE	49
Introduction	49
IV .1. Sources des éléments majeurs et leurs normes de concentration dans les eaux souterraines.....	49

IV.1.1 Calcium (Ca)	49
IV.1.2. Magnésium (Mg).....	49
IV.1.3 Sodium (Na)	50
IV.1.4 Potassium (K).....	50
IV.1.5 Chlorures (Cl ⁻).....	50
IV.1.6 Sulfate (SO ₄ ⁻).....	50
IV.1.7. Nitrate (NO ₃ ⁻)	51
IV.2. paramètre physico-chimiques de l'eau	51
IV.2.1. Propriétés physiques.....	51
IV.2.2. Propriétés chimiques :	52
IV.3.Méthodes usuelles de détermination des propriétés physiques	52
IV.3.1. Détermination du pH:.....	52
IV.3.2. Détermination de la conductivité	53
IV.4. Différents dosages des éléments chimiques de l'eau.....	53
IV.4.1. Dosage des anions	53
IV.4.2. Dosage des cations	53
IV.5. Résultats et interprétation	54
IV.5.1. Paramètres physiques	56
IV.6. Détermination des facies chimique.....	56
IV.6.1. Classification de piper.....	56
IV.6.2.Classification de schoeller bercaloff.....	59
IV.3. Risque de salinisation et d'alcalisation.....	63
Conclusion.....	66
conclusion generale.....	68
Références Bibliographiques.....	71
Annexe.....	73

Introduction général

Le Nord algérien renferme une ressource en eau souterraine d'une importance capitale pour le développement socio-économique du pays. En effet, les eaux souterraines contribuent largement à la satisfaction des besoins en eau potable domestique, agricole et industrielle. Elles représentent dans de nombreuses communes et villes la seule source en eau disponible à cause de la rareté ou de l'inexistence de ressources en eau superficielles.

Les régions de Sidi Kadda et Mammounia deux zones font partie de la plaine de Ghriss wilaya de Mascara, située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, est une zone à climat semi-aride. Elle confine une ressource en eau souterraine très exploitée pour l'irrigation des parcelles et pour les besoins de la population locale. En l'absence d'autres ressources, conventionnelles ou non, les eaux souterraines de ces deux zones demeurent la source principale du développement de chaque région pareille. Cependant, ce patrimoine est quotidiennement menacé quant à sa qualité et sa quantité. La dégradation qualitative de cette ressource a été observée dans de nombreux cas surtout dans la présente des infiltrations agricoles des pesticides et des polluons. L'apparition de quelques contaminations localisée, notamment dans les zones les plus vulnérables, constitue une problématique environnementale préoccupante. Cette pollution provient essentiellement du rejet des eaux domestiques non épurées, des rejets industriels et de l'utilisation irrationnelle d'engrais et de pesticides dans l'agriculture.

D'un point de vue quantitatif, la baisse flagrante de la piézométrie du système aquifère de la plaine de Ghriss constitue un indice de la diminution de ces réserves en eau. Une sécheresse persistante et une exploitation accrue sont des facteurs qui tendent à aggraver la chute de ces réserves.

Les principaux aquifères de la plaine de Ghriss sont : l'aquifère des alluvions plio-quadernaires, l'aquifère des calcaires et grés du pliocène et l'aquifère des calcaires et dolomies du jurassique. Ils totalisent une recharge moyenne annuelle d'environ 65,3 millions de m³, dont une grande partie alimente la nappe plio-quadernaire.

Cette nappe est confrontée depuis une trentaine d'année à une surexploitation, particulièrement par des pompages illicites, qui mettent en péril sa pérennité. En dépit des restrictions de pompage imposées par les gestionnaires de l'eau, le niveau de la nappe plio-quadernaire de la plaine de Ghriss n'a cessé de baisser entre 1970 et aujourd'hui. Cette baisse atteignant près de 50 mètres pour quelque puits de puis l'année 1970 (Hadadji A. et Hichour B., (2007).

L'objectif de ce travail est de comparer la qualité des eaux dans la région de Sidi Kadda et de Mammounia. La région de Sidi Kada constituent par le Jurassique supérieur, également le substratum résistant effondre au sommet par des calcaires gris à pate fine, cette formation se poursuit par des calcaires dolomitique et des dolomies, avec des formations tertiaires et quaternaire (alluvions). Par contre la région de Mammounia caractérisé par une formation Miocène supérieur (argile sableuse), ces des prolongements de synclinal de Sidi dahou.

La méthodologie adoptée est basée sur les Analyses hydro chimique des forages des régions Sidi Kadda et Mammounia effectuées par labié de Algérienne des eaux de la wilaya de Mascara, traite par les diagrammes de piper, Schoeller Berkaloff et de Richards.

Notre travail consiste aux démarches suivantes :

- ❖ Le Chapitre I : Généralités sur les eaux souterraines.
- ❖ Le Chapitre II : Présentation générale de la région d'étude
- ❖ Le Chapitre III : Cadre géologique, hydrogéologique de la zone d'étude
- ❖ Le Chapitre IV : Etude hydrochimie de la région de Sidi Kadda et Mammounia

CHAPITRE I

Généralité sur les eaux souterraines

Introduction

Les eaux souterraines représentent au total environ 97% des eaux douces continentales liquides et la présence de l'Homme ainsi que ses possibilités de survie dépendent dans plusieurs régions du globe de l'existence et de la qualité de cette ressource limitée et fragile. 75 à 90% de la population mondiale utilise une eau d'origine souterraine. C'est dire l'importance de l'étude des nappes souterraines dans toutes leurs composantes en vue d'une meilleure connaissance de ces écosystèmes et d'introduire des concepts scientifiques nouveaux en matière de gestion, d'aménagement, de surveillance, de protection et de conservation Taha-Hocine Debieche (2002).

Composante essentielle du cycle de l'eau (Castany, 1998), l'eau souterraine constitue la dimension verticale des hydro systèmes fluviaux; elles assurent de nombreuses et importantes fonctions hydrologiques (ex. régulation des régimes hydrologiques des cours d'eau) et écologiques (ex. échange de matière, d'énergies et d'organismes) dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Kettab, A et al , (2004), offrant de plus des propriétés de qualité et de protection souvent supérieur à celles des eaux de surface qui sont généralement plus polluées, les eaux souterraines présentent une importante valeur socioéconomique en tant que ressource naturelle inestimable pour les besoins agricoles, industriels et domestiques dans les pays développés ou en voie de développement

I.A : Notions et Définitions

1 :Qu'est-ce que les eaux souterraines?

On entend par«eaux souterraines »l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux ,soit les pores présents dans les milieux granulaires tels les sables et les graviers.

Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière ,mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterraine.

L'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol,circule verticalement jusqu' à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers le zone de résurgence (cours d'eau) situé en aval.(NADIA .GUACHEMI .2 014) .

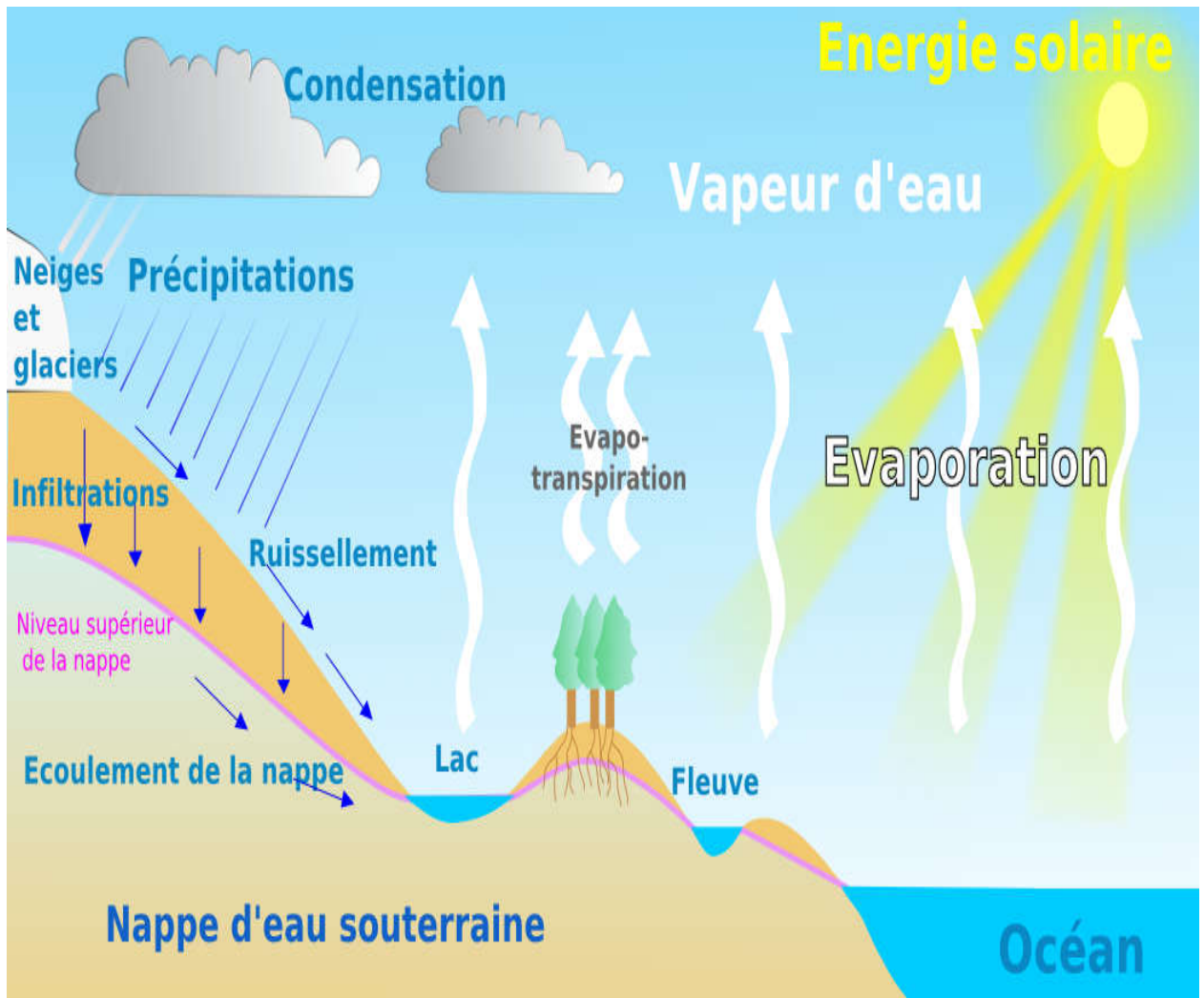


Fig. n°01- les eaux souterraines (ALLEM .B ,MAOULA .1994)

Les eaux souterraines sont généralement constituent la source d'alimentation en eau de consommation le plus sollicitée car elles sont de meilleure qualité que les eaux de surface et ne nécessitant pas un traitement complet.

2 : Qu'est-ce qu'un ouvrage de captage d'eau souterraine ?

Un ouvrage de captage d'eau souterraine est une installation qui permet de « puiser » l'eau à partir de la nappe d'eau souterraine située sous la surface du sol.

le captage des eaux souterraines se fait à l'aide des moyens matériels «sondeuses» et des moyens humains « foreurs »

3 : Qu'est-ce qu'une nappe d'eau souterraine ?

Les eaux de précipitation qui ruissellent dans le bassin versant drainées par un cours d'eau et ses affluents et les eaux qui s'infiltrent à l'intérieur des sols à travers les pores et les fissures, seront stockées dans des formations géologiques.

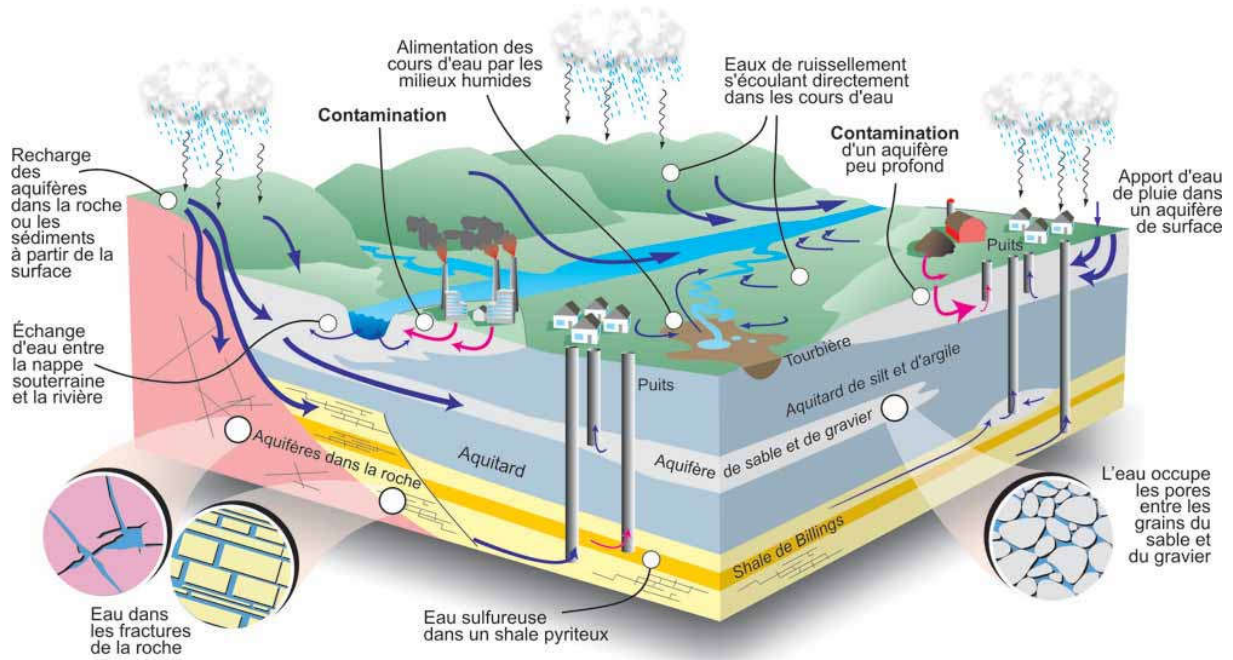


Fig.n°02- les nappes souterraines

puis par effet de gravité, l'eau s'écoule plus en profondeur pour former une « nappe » zone saturée en eau. (NADIA GUACHEMI, 2014)

I.2. Les eaux souterraines en Algérie

Le territoire algérien couvre une superficie de près de 2,4 millions de km², mais 90% de cette étendue correspondent à un désert où les précipitations sont quasi-nulles. Dans cette partie du territoire, les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas ; les ressources souterraines y sont par contre abondantes mais sont très faiblement renouvelables (nappes du Sahara septentrional). Le potentiel des ressources en eau renouvelables est localisé dans le Nord de l'Algérie qui englobe les bassins tributaires de la Méditerranée et les bassins fermés des Hauts Plateaux. (Achite. M, et al).(2005).

Les eaux souterraines constituent une part très importante du patrimoine hydraulique. Elles présentent, par rapport aux eaux de surface des avantages certains sur le plan de la couverture des besoins. On dénombre moins de nappes profondes que de nappes superficielles et les ressources en eau souterraines mobilisables sont estimées à 2.8 milliards de m³, réparties inégalement dans les différentes régions du pays, dont 800 millions de m³ dans le Sud (ressources en eau renouvelables).

I.3. Sources de pollution des eaux souterraines

L'infiltration d'eau de mer associée à la surexploitation des couches aquifères ou à la lixiviation naturelle sont des sources normales de pollution des eaux souterraines. La plupart des contaminations des eaux souterraines est due à l'activité humaine. La contamination humaine des eaux souterraines peut être liée à l'évacuation des déchets d'une manière directe (systèmes privés d'évacuation d'eaux d'égout, élimination des déchets solides, eau usagée municipale, retenue d'eau usagée, propagation du

cambouis dans la terre, formation de saumure dû à certaines industries de pétrole, élimination des eaux usées, les déchets radioactifs) ou de manière indirecte (accidents, certaines activités agricoles, exploitation, routes dégivrées, pluies acides, mauvais entretien des puits, sel de route). De grandes quantités de composés organiques sont manufacturées et utilisées par les industries, l'agriculture et les municipalités. Les composés organiques se trouvent dans la nature mais peuvent venir aussi bien de source naturelle que de l'activité des hommes. Dans beaucoup d'endroits, les eaux souterraines ont été souillées par des produits chimiques pendant des décennies. Malheureusement, cette forme de pollution n'a été identifiée en tant que problème écologique sérieux qu'à partir des années 80.

a- Naturel

Les eaux souterraines contiennent quelques impuretés, même si elles ne sont pas affectées par les activités humaines. Les types et les concentrations d'impuretés naturelles dépendent de la nature du matériel géologique par lequel les eaux souterraines se déplacent, et de la qualité de l'eau de recharge. Les eaux souterraines se déplaçant à travers les roches et les sols sédimentaires, peuvent absorber un éventail de composés tels que le magnésium, le calcium, et les chlorures. Certaines couches aquifères ont des concentrations naturelles élevées en constituants dissous tels que l'arsenic, le bore, et le sélénium. L'effet de ces sources normales de contamination sur la qualité d'eaux souterraines dépend du type du contaminant et de ses concentrations.

b-agricole

Les pesticides, les engrais, les herbicides et les déchets animaliers sont des sources agricoles de contamination des eaux souterraines. Les sources agricoles de contamination sont nombreuses et variées: débordement des engrais et des pesticides pendant la manipulation, écoulement du chargement et lavage des pulvérisateurs de pesticide ou de tout autre équipement d'application, utilisation de produit chimique... Une région agricole qui manque de drainage est considérée par beaucoup de fermiers comme étant terre perdue du point de vue du revenu. Ainsi, ils peuvent installer des tuiles de drain ou des puits de drainage pour rendre la terre plus productive. Les puits de drainage servent alors de conduit direct aux eaux souterraines pour les déchets agricoles. Le stockage de produits chimiques agricoles près de conduits d'eaux souterraines, telles que les puits, les trous d'évier, est susceptible de s'accumuler et de provoquer une contamination. La contamination peut également se produire quand des produits chimiques sont stockés dans des secteurs découverts, non protégés du vent et de la pluie.

c- industriel

Les industries de fabrication et de secteur tertiaire ont des demandes élevées en eau pour les procédés de refroidissement, de traitement ou de nettoyage. La pollution des eaux souterraines se produit quand l'eau utilisée est retournée au cycle hydrologique. L'activité économique moderne exige

le transport et le stockage de la matière employée dans la fabrication, le traitement, et la construction. De cette manière, une partie de ce matériel peut être perdue par débordement, par fuite, ou par mauvaise manipulation. L'élimination des pertes, associée aux activités ci-dessus, est une autre source de contamination des eaux souterraines. Certaines entreprises, habituellement sans accès aux réseaux d'égouts, se servent dans les eaux souterraines peu profondes. Elles emploient des fosses ou des puisards secs, ou envoient l'eau usagée dans les réservoirs septiques. Tout ceci peut mener à la contamination des sources souterraines d'eau potable. Les fosses et les puisards secs provoquent l'infiltration des déchets directement dans le sol. Les systèmes septiques ne peuvent pas traiter les pertes industrielles. Les pratiques en matière de disposition d'eau usagée de certains types d'entreprises, telles que des stations service d'automobile, fabricants de composant électrique ou de machine, processeurs de photo, sont particulièrement concernés parce que les déchets qu'ils génèrent sont susceptibles de contenir des produits chimiques toxiques.

Les autres sources industrielles de contamination incluent: le nettoyage des réservoirs ou la pulvérisation d'équipement sur la terre, l'évacuation de déchets dans les systèmes septiques ou les puits secs, et le stockage de matériaux dangereux dans des secteurs découverts ou dans les secteurs qui n'ont pas des garnitures avec des drains ou des bassins de captation. D'autre part, les souterrains et les réservoirs de stockage contenant des produits pétroliers, des acides, des dissolvants ou des produits chimiques peuvent avoir des fuites dus à la corrosion, à des défauts, à des problèmes dans les installations,... L'exploitation du carburant et des minerais non-combustibles peut créer une contamination des eaux souterraines. Les problèmes proviennent du processus d'extraction lui-même, de l'élimination des déchets, et du traitement des minerais et des déchets qu'il crée.

d- résidentie

Les systèmes résidentiels d'eau usagée peuvent être une source de différents types de contaminants, y compris des bactéries, des virus, des nitrates, et des composés organiques. Les puits utilisés pour l'évacuation des eaux domestiques usagées (les systèmes septiques, puisards, puits de drainage pour l'écoulement de précipitations exceptionnelles, puits de recharge d'eaux souterraines) sont particulièrement concernés par la qualité des eaux souterraines s'ils sont placés près des puits d'eau potable. Le stockage incorrect ou l'évacuation de produits chimiques ménagers tels que les peintures, les détergents synthétiques, les dissolvants, les huiles, les médicaments, les désinfectants, les produits chimiques de piscine, les pesticides, les batteries, l'essence et le carburant diesel peut mener à la contamination des eaux souterraines. Lorsqu'ils sont entreposés dans les garages ou les sous-sols, le nettoyage des planchers, les flaques et les inondations peuvent introduire de tels contaminants dans les eaux souterraines. Lorsqu'ils sont jetés dans les poubelles des particuliers, ces produits seront éventuellement introduits dans les eaux souterraines si les déchetteries ne sont pas

équipées pour traiter les matériaux dangereux. De même, les déchets vidés ou enterrés dans la terre peuvent souiller les sols et s'écouler dans les eaux souterraines.

I.4. Chimisme des eaux souterraines

Le chimisme des eaux souterraines dépend essentiellement de la composition des milieux traversés et du temps de séjour dans chacun d'eux (FEHDI, 2009). L'eau, au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers éléments qui vont influencer sur sa qualité. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol, et vont définir la qualité « naturelle » de l'eau brute. Ainsi l'eau à l'état naturel peut contenir :

- Des matières organiques,
- Des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds,...),
- des particules en suspension.

D'autres éléments sont d'origine anthropique. La qualité des eaux continentales est dépendante d'un certain nombre de paramètres, dont la quantité en présence (concentration en éléments traces) va définir l'état de la qualité de l'eau.

L'eau de pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en CO_2 dissous. Au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme. Les eaux souterraines sont plus ou moins minéralisées en fonction :

- De la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration ;
- Du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol ;
- Du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau d'infiltration.
- On voit l'importance des minéraux solubles des roches et de la perméabilité de l'aquifère dans la minéralisation de l'eau.
- Dans les réservoirs calcaires, les eaux sont dures, moyennement à fortement minéralisées en sels de calcium et magnésium ; elles entartrent les conduites.
- Au contact du gypse, l'eau se charge en sulfate de calcium et devient dure et impropre à la consommation.
- En bordure de mer, les aquifères peuvent être en contact avec l'eau de mer: échange au niveau du biseau salée, contamination de l'eau d'infiltration par les embruns salés. L'eau de la nappe devient plus ou moins saumâtre. L'invasion de la nappe d'eau douce par l'eau salée est accélérée par les pompages et le rabattement de la nappe.

- L'eau des nappes alluviales a une qualité qui dépend de celle de la nappe qui l'alimente et de celle de la rivière.

CHAPITRE II

PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre II : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

II. Cadre Géographique de la zone d'étude

II.1 . Situation géographique

La région de Mamounia et Sidi Kadda fait partie du bassin versant d'Oued Fekan (plain de Ghriss) qui inclus dans le grand bassin de la Macta qui est situé au Nord-ouest de l'Algérie. Il est compris entre la latitude 35°15' et 35°50' Nord et la longitude 0° Ouest et 0°40' Est. Il couvre une superficie globale de 1194,38 km². Ce bassin correspond à une zone topographique rigoureusement plane 304 m avec des reliefs de bordures qui s'élèvent à environ 1178 m.

La plaine de Ghriss correspond à une cuvette d'effondrement à topographie plane et à sédimentation alluvionnaire argilo sableuse. Elle est bordée de reliefs constitués de différentes formations géologiques. La plaine proprement dite fait partie du bassin hydrologique de la Macta, sous forme d'une dépression elliptique d'une superficie de 14 389 Km², couvrant ainsi tout le sous bassin de l'oued Fekan. Il couvre totalement ou partiellement 23 communes de la wilaya de Mascara parmi ces communes la commune de Sidi Kada et la commune de Mamounia (Fig. II.01).

La plaine de Ghriss regroupe seize (16) communes sur 34% du territoire de la wilaya de Mascara avec une superficie irriguée physique de 17 044 Ha ; elle représente 56% des terres irriguées de la wilaya de Mascara. L'eau d'irrigation est à plus de 96% d'origine souterraine. La nappe de Ghriss dispose de fortes réserves mobilisables (évaluées à 33 Hm³ pour Mascara) ; mais située dans une zone agricole très développée, elle est très fortement sollicitée par l'irrigation.

L'hydrographie est très faiblement marquée. Seuls quelques petits oueds comparables à de véritables ruisseaux Sillonnent la plaine. Avec cette rareté des eaux superficielles, reste l'exploitation des aquifères souterrains est le seul moyen de mobilisation des eaux en vue de satisfaire les demandes en eau. L'agriculture est le plus grand consommateur en eau de la plaine. L'irrigation des terres et l'alimentation en eau potable des agglomérations sont assurées par le pompage dans un grand nombre d'ouvrage captant toutes les nappes. La plaine de Ghriss est limitée au Nord par les Monts de Béni Chougrane, au Sud par les Monts de Saida, à l'Ouest par les Monts de Bouhanifia, et à l'Est par le plateau de Tighenif. La cuvette correspond à une zone de subsidence marquée par la flexure des couches du Néogène, en bordure des Monts des BENI-CHOUGRANE; les apports d'alluvionnement argilo-sableux de l'Oued MAOUSSA continuent de permettre à cette subsidence d'évoluer.

Le substratum, effondré, est constitué par les calcaires dolomitiques du Jurassique Supérieur. Au dessus, se sont déposé localement des conglomérats de base puis un remplissage marin d'argiles et marne grisâtre et verdâtre du Miocène Inférieur et Moyen.

Au centre de la plaine, la subsidence a permis l'accumulation d'une grande épaisseur de calcaires lacustres.

L'agriculture consomme le plus grand volume des nappes de la plaine, évalué à 21.138.890 m³/an. L'irrigation des terres et l'alimentation en eau potable des agglomérations sont assurées par le pompage dans un grand nombre d'ouvrages captant toute les nappes, même celle des calcaires dolomitiques.

La majeure partie de l'alimentation en eau potable estimée à 11.495.887 m³/an est assurée par les eaux souterraines parmi les quelles la nappe des calcaires lacustres et celle des dolomies.

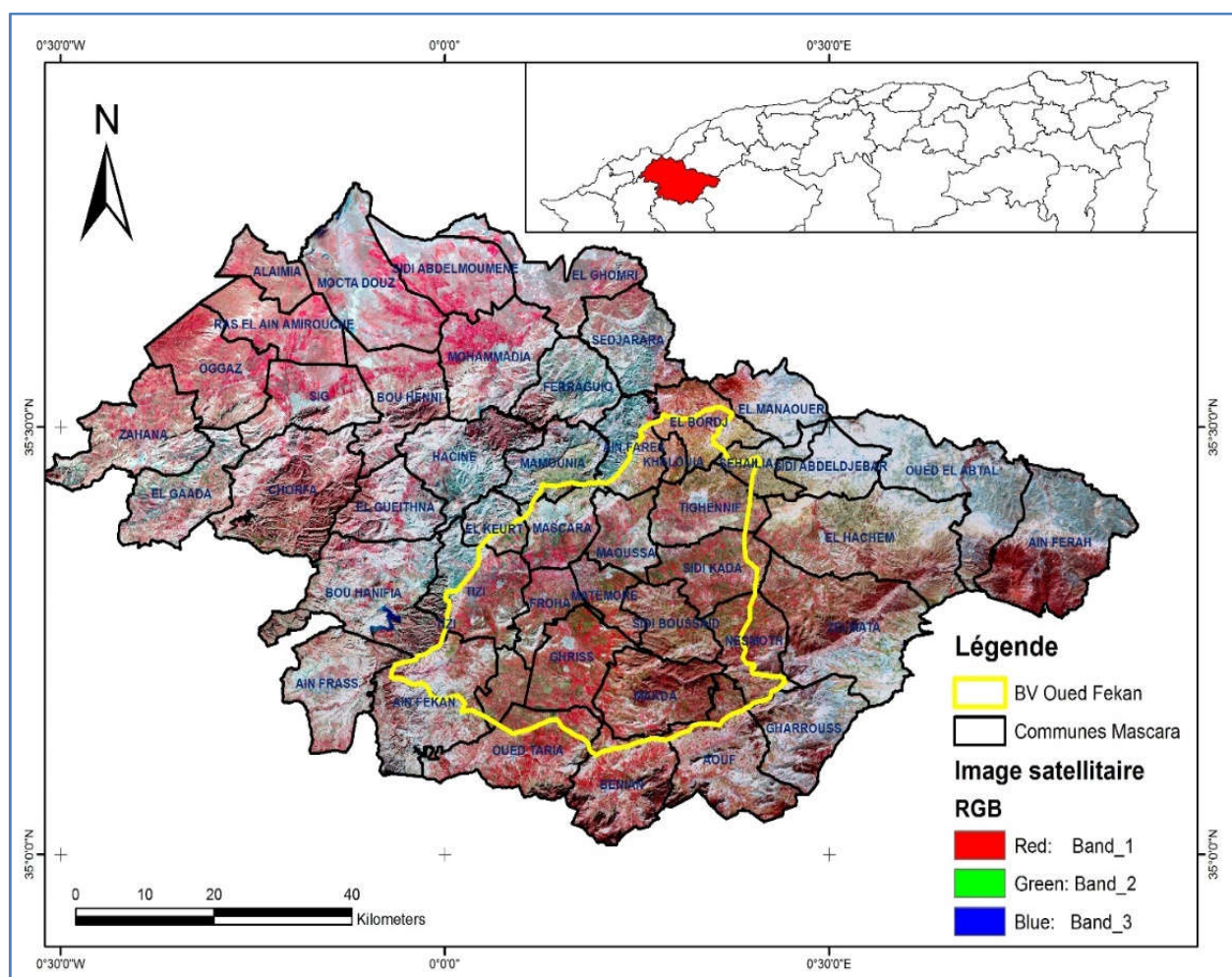


Fig. II.01. Situation géographique du bassin versant d'Oued Fekan par rapport au découpage administratif de la wilaya de Mascara (Bouabssa N. ,2017)

II.2 Aspect géomorphologique

La plaine de Ghriss couvre une superficie de 1185 Km², elle fait partie du bassin de l'oued El Hamam, lequel s'étend sur une superficie de 14389 Km². Elle correspond à une zone à topographie

rigoureusement plane (470 m d'altitude) surplombée par des reliefs de bordure, élevés à environ 1200m (Fig. II.02) d'altitude avec :

- Du Nord ouest au Nord est : les monts des Beni Chougrane, aux terrains plissés et charriés, constituant une limite septentrionale et occidentale imperméable et continue, recouverte par des faciès plus au moins perméables.
- Du Sud Ouest au Sud-Est : les monts de Saïda et de Sidi Kada aux terrains rigides, peu plissés, très fracturés, constituant une limite méridionale perméable et continue.
- A l'Ouest : entre les monts Beni-Chougrane et les monts de Saida, on trouve le crétacé inférieur imperméable qui constitue une barrière étanche et continue.
- A l'Est : la remontée des marnes de l'Oligo-Miocène et le passage latéral de faciès des calcaires lacustres du Pliocène et des calcaires Marneux, constituent la limite orientale imperméable et continue.

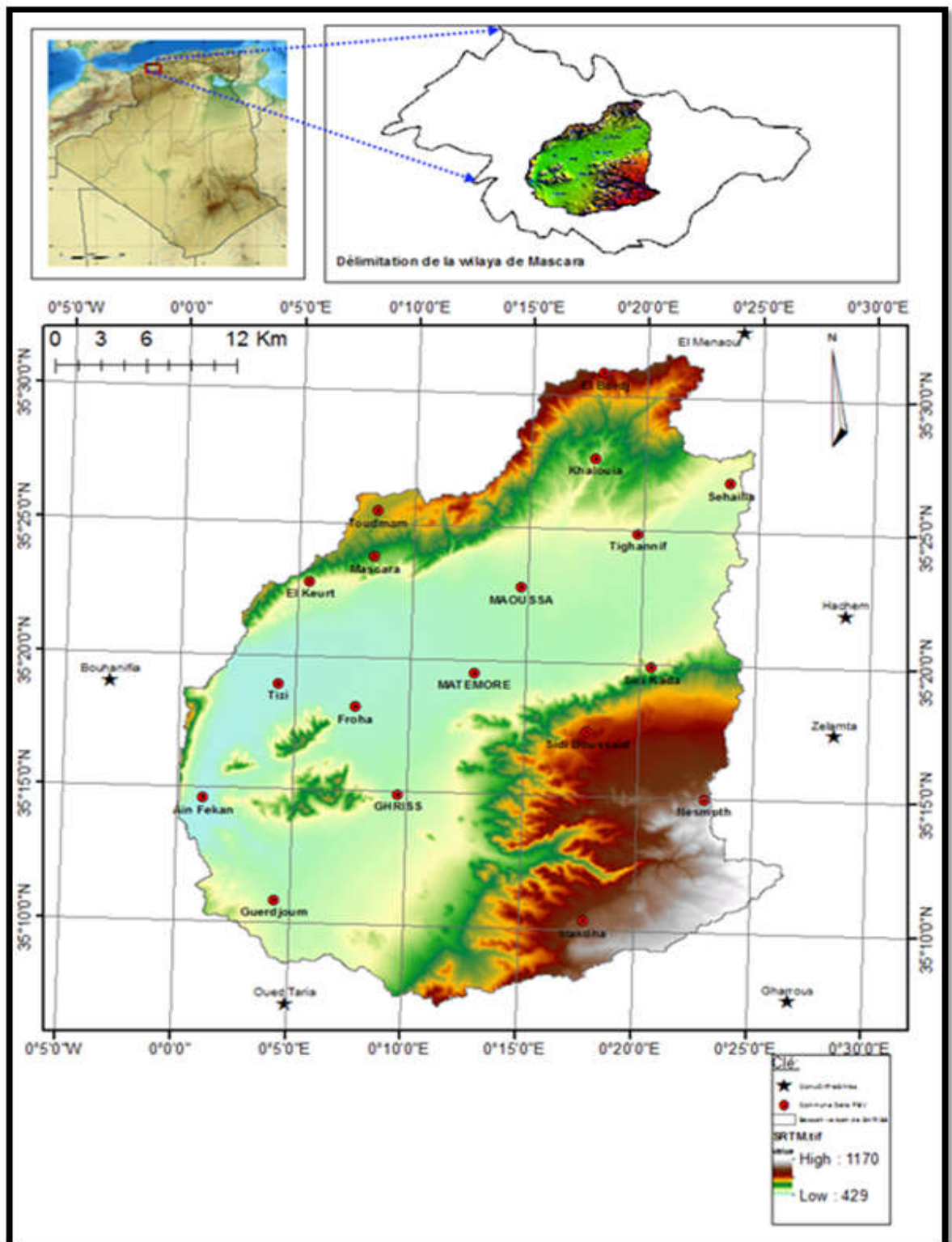


Fig. II.02 Situation géographique de la plaine de Ghriss Image satellitaire 12 jan 2017 (Bouabssa N. ,2017)

Le bassin versant d'Oued Fekan fait partie intégrante du bassin versant de la Macta qui s'étend sur une superficie de 14 750 km².

Le bassin versant de la Macta est situé en Algérie occidentale, sous le code n°11(Fig. II.03) Il est constitué de 16 sous bassins.

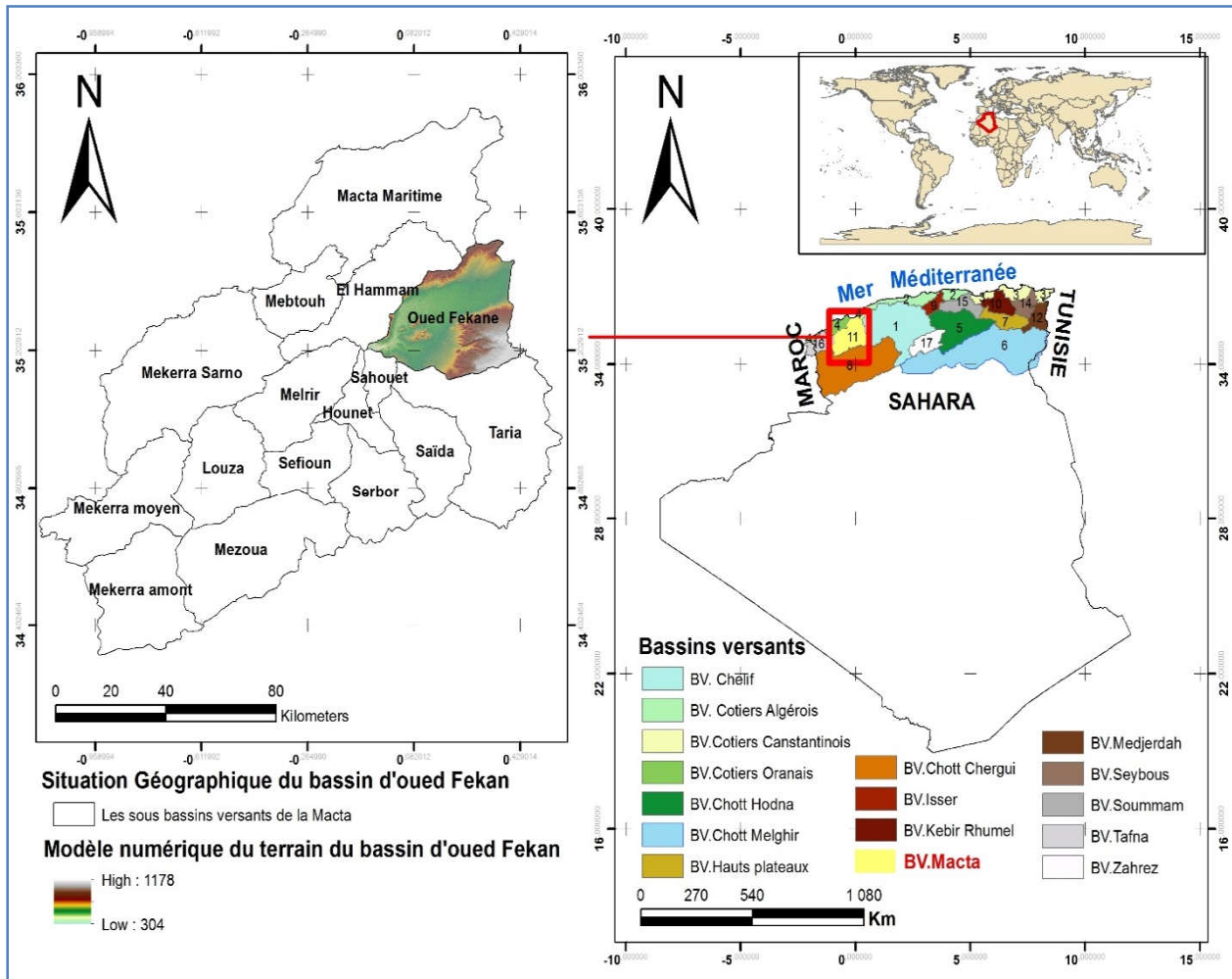


Fig. II.03 Situation géographique du bassin versant de la Macta et sous bassin d'oud Fekan (Bouabssa N. ,2017)

II.3. Etude Climatique

Les conditions climatiques plus que d'autres facteurs jouent un rôle essentiel dans l'alimentation des eaux souterraines.

Depuis une vingtaine d'années on remarque une diminution constante des précipitations. Alors que la moyenne au début des années 1980 était de 400 à 500 mm/an, la moyenne pour les dernières

années est de seulement 300 à 400 mm/an et l'année 2000 et 2002 aura été la campagne la plus sèche des vingt dernières années : 200 mm.

En effet, les précipitations qui sont de loin les plus importantes agissent directement sur la recharge et le renouvellement des eaux de la plaine de Ghriss.

Les températures atmosphériques ont une grande influence sur le régime d'écoulement ou l'évaporation favorise ainsi le déficit.

II.3. 1. Caractères climatique

Le climat de plaine de la Ghriss est défini comme étant un climat semi-aride, caractérisé par une pluviosité faible et irrégulière, une température moyenne élevée, une forte évaporation et un faible taux d'humidité.

II. 3. 1.1. La pluviométrie

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime du cours d'eau et la couverture végétale. Les précipitations agissent directement dans l'alimentation de l'écoulement des oueds puis sur la recharge de la nappe.

Cependant, l'équipement climatologique est loin d'être satisfaisant, ceci peut être justifié par l'existence d'un nombre faible de station météorologique en Algérie. Un deuxième inconvénient est la rareté de longues séries d'observations, la non disponibilité des données et le problème des lacunes.

Pour avoir une idée sur les précipitations au niveau de la plaine de Ghriss, les données pluviométriques des stations : Matemore, Ghriss et Ain fekan ont été utilisées dans Tableau. II.01 ont récapitulées les caractéristiques de ces postes pluviométriques.

Dans la plaine de Ghriss la répartition des pluies est irrégulière est insuffisante pour le développement des cultures céréalières, elle est de l'ordre de 440 mm/an (moyen interannuelle des 03 stations). Les mois de novembre, décembre et janvier sont les mois les plus pluvieux de l'année, tandis que les mois de juin, juillet et aout sont les plus chauds voir Tableau. II.01. Les précipitations annuelles sont irrégulières et insuffisantes. On remarque que les précipitations ont tendance à baisser ces dernières années d'après tableau intégrer dans la Figure II.4.

Tableau. II.01 : Caractéristiques des stations pluviométriques de la Plaine de Ghriss.

Station	X	Y	Z	Période d'observation
Ghriss	35,217	0,156	507	1979 à 2016
Ain Fekan	35,229	0,024	440	1979 à 2016
Matemore	35,323	0,210	476	1979 à 2016

➤ Les pluies mensuelles

L'analyse des valeurs moyennes mensuelles interannuelles des précipitations mesurées au niveau des trois stations Figures II.5 montre que le maximum des précipitations est atteint pendant la période qui s'étend entre le mois d'Octobre et le mois de Mai. Tandis que les valeurs minimales des précipitations sont enregistrées durant la période qui s'étend entre Juin et Septembre. Ce qui donne naissance à deux saisons distinctes : une saison sèche et une saison humide.

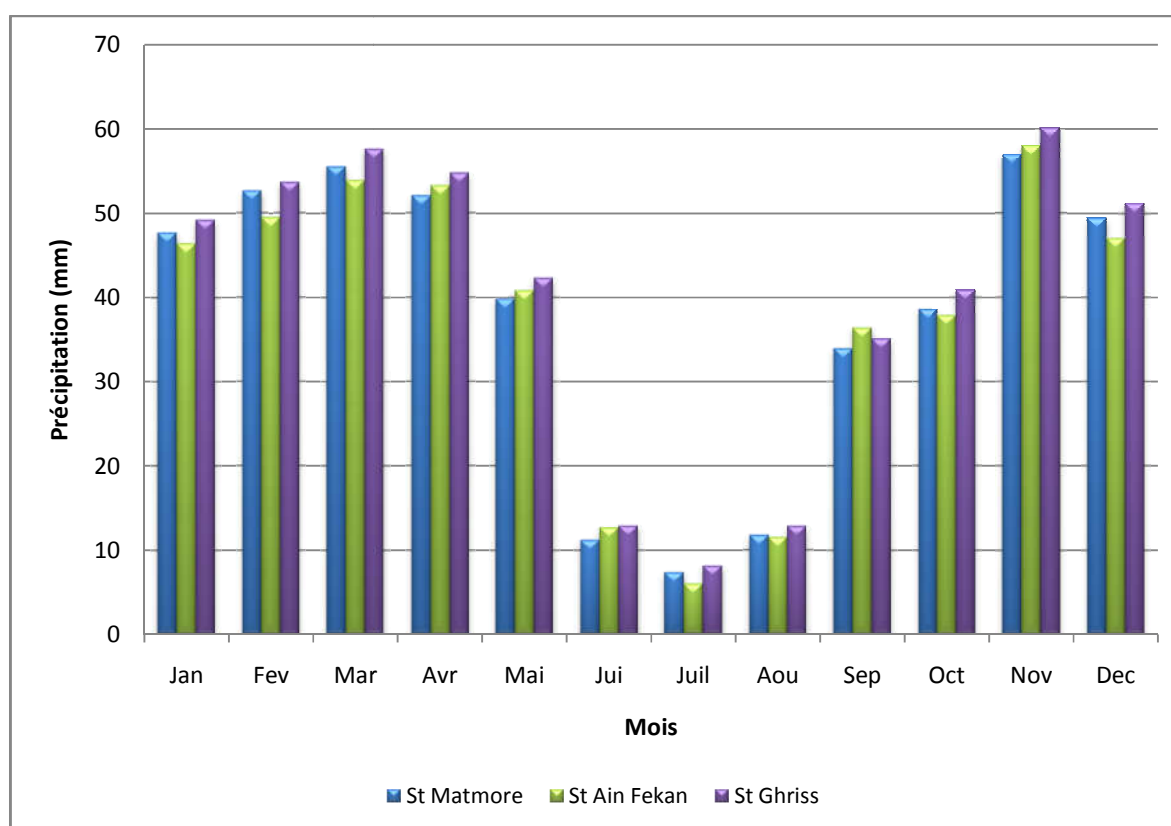


Fig. II.04. Précipitations mensuelles moyennes interannuelles, pour les 3 stations : Matmore, Ghriss et Ain fekan du (1979 à 2016) en mm selon les données climatiques de Bouabssa N. ,2017.

➤ Les précipitations annuelles

L'analyse des séries de pluies annuelles des trois postes pluviométriques entre 1979 et 2016 variables entre 280 à 500 (Figure II.6).

D'après le graphe ci-dessous Figure II.7 montre que le régime de précipitations irrégulier présentant une alternance d'années sèches et humides.

Les années les plus sèches sont : 1998, 2000, 2002, 2005 et 2015, les années les plus humides sont : 1979, 1980, 1986, 1989, 1996, 1997 et 2004.

D'après les graphes des précipitations pour les trois stations (Matmore, Ghriss et Ain fekan) en remarque que la quantité diminue au fur à la mesure de l'année 1979 au 2016, puis une augmentation légère jusque 2016 du fait que la majorité des terres agricoles dans le bassin versant de Ghriss non reboisé.

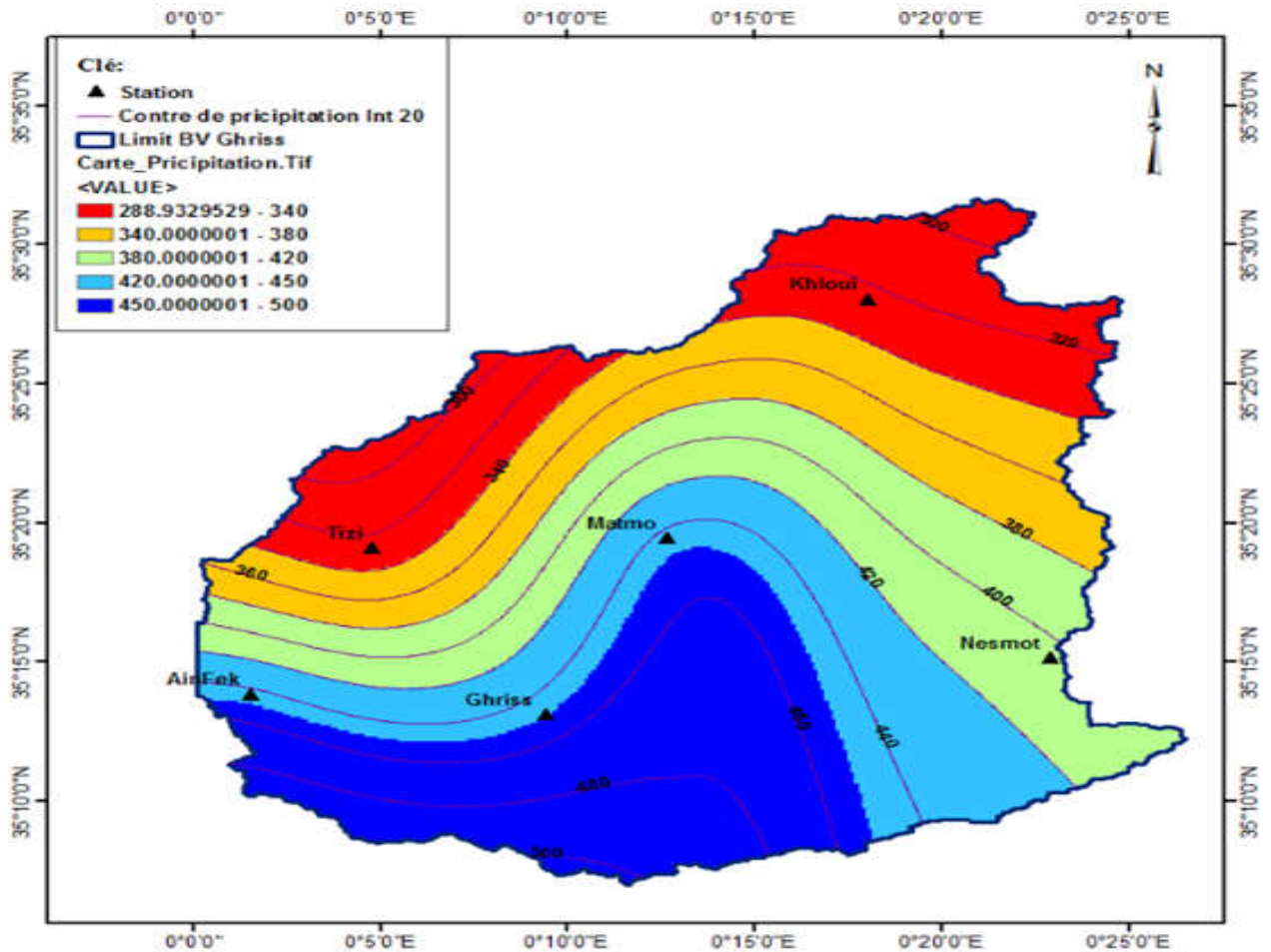


Fig. II.05. Carte des précipitations moyennes interannuelles de la plaine de Ghriss du 1976 au 2016 (Selon Bouabssa N. ,2017)

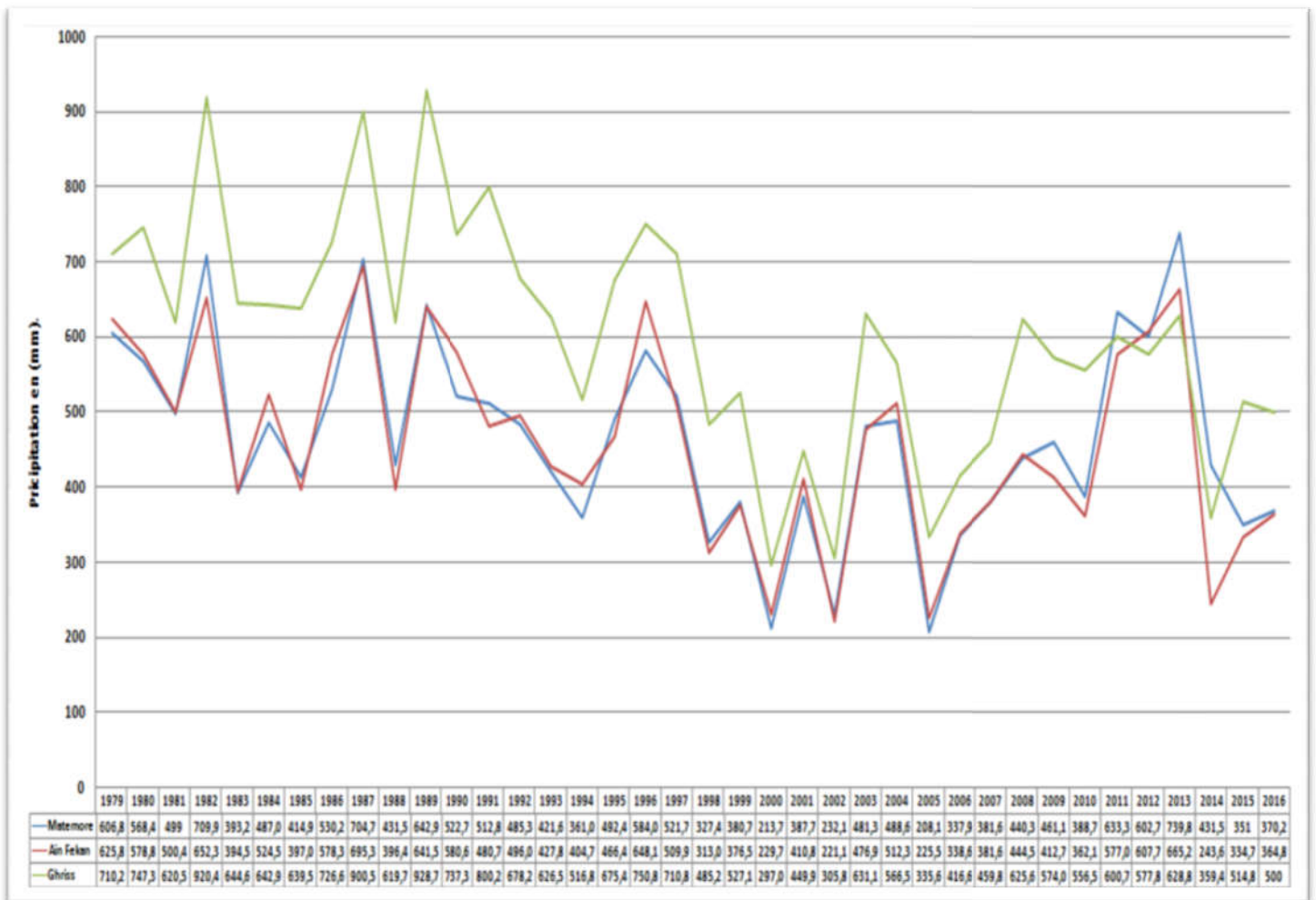


Fig. II.06 les précipitations interannuelles au niveau de trois stations climatique dans le plain de Ghriss entre 1979 au 2016 selon les données climatiques de Bouabssa N. ,2017

II. 3. 1. 2. La température

La zone de La plaine de GHRISS se caractérise par des températures variables, par des hivers froids et des étés chauds. Les éléments essentiels de ce facteur ont été relevés à partir des stations météorologiques de la zone d'étude. Elle en ressort que :

Le mois d'Aout est le plus chaud avec une température moyenne de 29,5 C°.

Le mois de Janvier est le plus froid avec une température moyenne de 10,4 C°.

Synthèse climatique : La plaine de Ghriss est caractérisée par un climat méditerranéen sec en été et chauds en hiver Voir la Figure II.8.

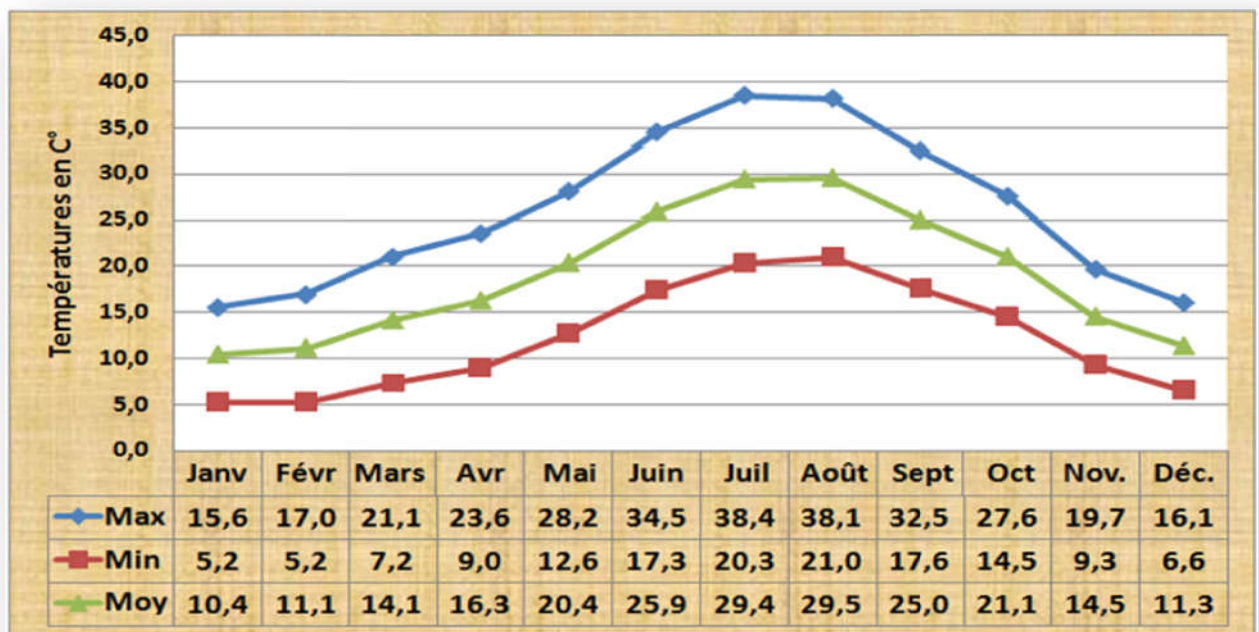


Fig. II.07. Températures moyennes, minimales et maximales à la station de Matemore du (1998 au 2016) selon Bouabssa N. ,2017

II. 3. 1. 3. - L'humidité relative

L'humidité relative s'exprime par la tension de la vapeur d'eau qui est contenue dans l'air de la tension maximale à la même température. On utilise des données récentes de la période (1979 au 2016) des 03 stations météorologiques de la plaine de Ghriss, on constate que l'humidité moyenne mensuelle maximale est enregistrée en Décembre (91,8 %), tandis que le minima apparaît en Juillet (45.45%), pour la station de Ghriss Voir figure II.9.

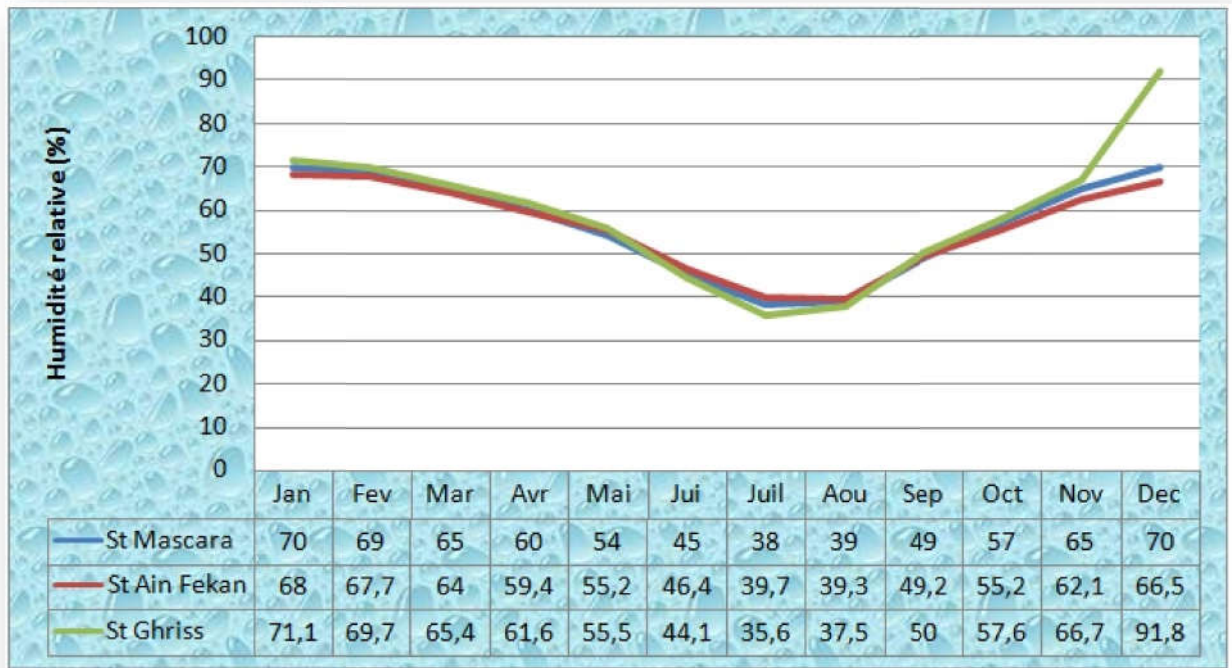


Fig.II.08. Diagramme de l'humidité moyenne mensuelle des 03 stations de la plaine de Ghriss du 1979 aux 2016 selon Bouabssa N. ,2017

II. 3. 1. 4. Synthèses climatiques :

Après avoir étudié et analysé les différents éléments du climat, il nous est indispensable de procéder à une synthèse afin de mieux caractériser et connaître le type de climat de la région d'étude.

Plusieurs auteurs ont synthétisé les données climatiques en recherchant une classification des types de climats.

II. 3. 1. 4. 1. Courbe Ombrothermique

Le digramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de calculer la durée de la saison sèche en portant pour la station donnée, la pluviométrie moyenne mensuelle (**P**) et la température moyenne mensuelle (**T**) sur le même graphe. Ils sont construits en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur un axe placé à gauche et les températures sur un second axe placé à droite. L'échelle de la pluviométrie Est double de celle de la température (**P=2T**) (DAHMANI A., 2010).

Le diagramme tracé en figure 08, montrent que la période correspondante est déficitaire. La période sèche s'étale de Mai à Octobre, dans les deux stations (Mascara).

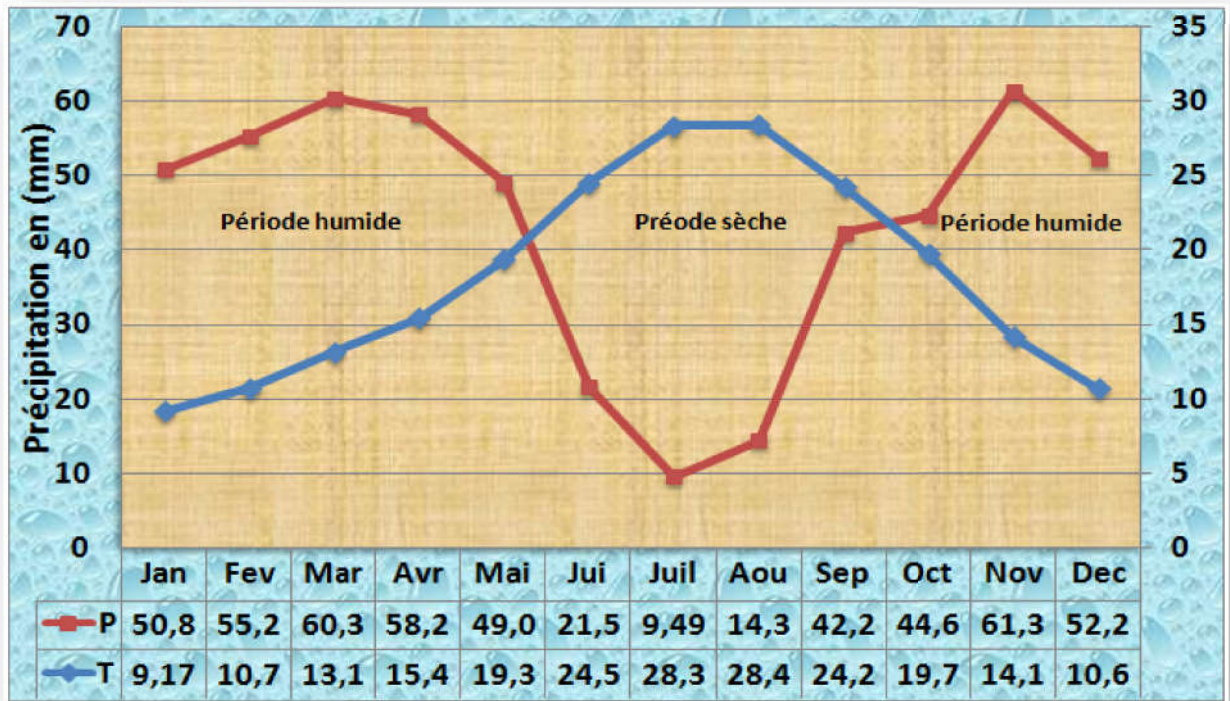


Fig. II.09. Diagramme Ombrothèrmique des 03 stations :(Matemore, Ghriss et Ain Fekan) pour les périodes (1979-2016) selon les donnes de Bouabssa N. ,2017

II. 3. 1. 5. L'indice d'aridité :

Il s'agit de rapports chiffrés servant à caractériser un climat. Afin de caractériser le climat général d'une région du monde, on utilise les valeurs suivantes voir Tableau. II.02.

(Afin d'établir ces seuils, E. de Martonne a effectué un travail d'étude de corrélation entre la valeur de cet indice et le type de végétation observé)

Tableau. II.02 présente les indices d'aridité français

Valeur de I	Type de climat	Type de végétation potentielle	Exemple
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu	Vallée de la mort aux USA
5 à 10	Aride	Désert	Désert du Sahara, Désert de l'Arizona (USA)
10 à 20	Semi-aride	Steppe	Sahel, Kalahari
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, forêt	Région parisienne, Orléans, Région de Marseille
30 à 40	Humide	Forêt	Région Lille
40 à 55	Humide	Forêt	Rouen, Dieppe, Alençon

géographe français de l'école classique (1873-1955)

DE MARTONNE E., 1950.

II. 3. 1. 5.1. L'indice d'aridité de DE MARTONNE

- **Indice annuel**

Pour le calcul d'indice annuel d'aridité de DE MARTONNE on utilise la formule :

$$I_a = P / (T + 10)$$

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (°C)

Pour la station de Mascara I_a est entre 7.5 et 24 ce qui adire une moyenne de 16,2. Selon le tableau 03 DE MARTONNE le régime de notre secteur est semi-aride.

Tableau. II.03 L'indice d'aridité des stations de Matmore, Ain Fekan et Ghriss (1979-2016).

Année	Précipitations (mm)			Température (C°)			Indice d'aridité		
	Matmore	Ain Fekan	Ghriss	Matmore	Ain Fekan	Ghriss	Matmore	Ain Fekan	Ghriss
1979	606,9	625,9	640,2	18,082	18,347	15,780	21,6	22,1	24,8
1980	568,5	578,9	571,0	18,230	18,498	15,864	20,1	20,3	22,1
1981	499,0	470,5	485,1	18,918	19,090	16,756	17,3	16,2	18,1
1982	650,0	652,4	660,7	18,764	19,006	16,388	22,6	22,5	25,0
1983	402,8	394,5	424,9	19,288	19,498	17,100	13,8	13,4	15,7
1984	487,1	524,5	512,4	18,208	18,396	15,948	17,3	18,5	19,7
1985	414,9	397,0	420,5	19,056	19,294	16,718	14,3	13,6	15,7
1986	530,3	561,8	570,2	18,759	19,009	16,457	18,4	19,4	21,6
1987	604,2	635,4	625,6	19,737	19,926	17,490	20,3	21,2	22,8
1988	431,6	396,4	419,2	19,384	19,588	17,111	14,7	13,4	15,5
1989	542,5	541,5	528,4	19,974	20,183	17,547	18,1	17,9	19,2
1990	522,7	580,7	560,4	19,594	19,774	17,208	17,7	19,5	20,6
1991	512,9	480,7	490,4	18,131	18,408	15,698	18,2	16,9	19,1
1992	485,4	496,1	482,1	17,113	18,362	15,686	17,9	17,5	18,8
1993	421,6	427,8	430,2	18,507	18,613	16,227	14,8	15,0	16,4
1994	387,2	404,8	420,6	19,845	20,049	17,505	13,0	13,5	15,3
1995	478,5	466,5	450,8	19,390	19,582	17,083	16,3	15,8	16,6
1996	584,1	590,2	570,4	18,440	18,709	15,992	20,5	20,6	21,9
1997	521,8	509,9	531,9	19,481	19,678	17,188	17,7	17,2	19,6

CHAPITRE II

PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

1998	327,5	325,4	350,8	19,370	19,592	17,043	11,1	11,0	13,0
1999	380,8	376,5	380,0	19,140	19,269	16,943	13,1	12,9	14,1
2000	213,7	229,8	251,4	18,370	19,662	17,295	7,5	7,7	9,2
2001	374,1	365,2	380,4	19,786	19,924	17,619	12,6	12,2	13,8
2002	232,1	221,1	231,4	19,177	19,354	16,930	8,0	7,5	8,6
2003	481,3	476,9	490,2	19,435	19,590	17,173	16,4	16,1	18,0
2004	488,6	506,4	490,8	19,244	19,377	17,051	16,7	17,2	18,1
2005	231,9	225,5	241,1	18,640	18,787	16,583	8,1	7,8	9,1
2006	337,9	338,6	340,4	19,673	19,880	17,471	11,4	11,3	12,4
2007	385,4	381,6	390,4	18,523	18,731	16,317	13,5	13,3	14,8
2008	440,4	444,5	451,3	18,292	19,224	16,767	15,6	15,2	16,9
2009	441,5	412,7	430,7	19,554	19,848	17,252	14,9	13,8	15,8
2010	457,9	440,2	460,7	19,227	19,528	17,026	15,7	14,9	17,0
2011	422,1	412,1	412,8	18,089	18,567	16,337	15,0	14,4	15,7
2012	416,7	420,6	425,4	17,897	18,221	16,277	14,9	14,9	16,2
2013	452,1	460,2	450,2	16,818	17,288	15,144	16,9	16,9	17,9
2014	431,5	420,5	379,4	17,208	18,720	15,330	15,9	14,6	15,0
2015	351,0	364,7	360,5	17,521	18,590	16,200	12,8	12,8	13,8
2016	370,2	364,8	380,0	17,858	19,010	16,520	13,3	12,6	14,3

Source : Bouabssa N. ,2017

Pour les trois stations l'indice I= entre 8,6 à 25. Selon DE MARTONNE le régime de notre secteur est Aride et semi-aride.

- **Indice mensuel**

Cet indice est élaboré par De Martonne, à fin de mieux mettre en évidence l'évolution des conditions climatiques au cours de l'année Tableau. II.4.

$$I = 12 * P / T + 10$$

P : Précipitations moyennes mensuelles
T : Températures moyennes mensuelles
I : Indices d'aridités mensuelles.

Tableau. II.04 Indices d'aridités mensuelles.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P	50,81	55,25	60,39	58,25	49,06	21,57	9,49	14,36	42,26	44,67	61,34	52,29
T	9,17	10,73	13,12	15,42	19,34	24,51	28,34	28,41	24,23	19,73	14,15	10,67
I	31,81	31,97	31,34	27,50	20,06	7,50	2,97	4,49	14,82	18,03	30,47	30,36

Source : Bouabssa N. ,2017

A partir des résultats représentés sur le tableau 04, on remarque que les mois présentent des régimes climatiques différents.

- Un régime hyper aride pour la période allant du mois de Juin jusqu'au mois d'Août.
- Un régime désertique pour Mai et Septembre.
- Un régime semi humide de Mai et November.
- Un régime semi aride le mois d'Octobre.

II. 3. 1. 6. Vitesse du vent

Les valeurs mensuelles et annuelles de la vitesse du vent enregistrées au niveau de la station climatologique de Mascara sont présentées dans le Tableau. II.05 et la Figure II.10 Fig. II.10 ci-dessous :

Tableau. II.05 Vitesse du vent (m/s) des Stations météo

	St Mascara	St Ain Fekan	St Ghriss
Jan	2.995	3.189	2.604
Fève	3.146	3.230	2.625
Mar	2.935	3.097	2.569
Avril	2.949	3.143	2.605
Mai	2.760	2.884	2.474
Juni	2.685	2.729	2.453
Juil.	2.631	2.639	2.461
Aout	2.514	2.484	2.343
Sep	2.384	2.414	2.165
Oct.	2.359	2.448	2.142
Nov.	2.746	2.891	2.440
Déc.	2.919	3.106	2.595

Source : Bouabssa N. ,2017

La moyenne annuelle est de 2 ,68. m/s.

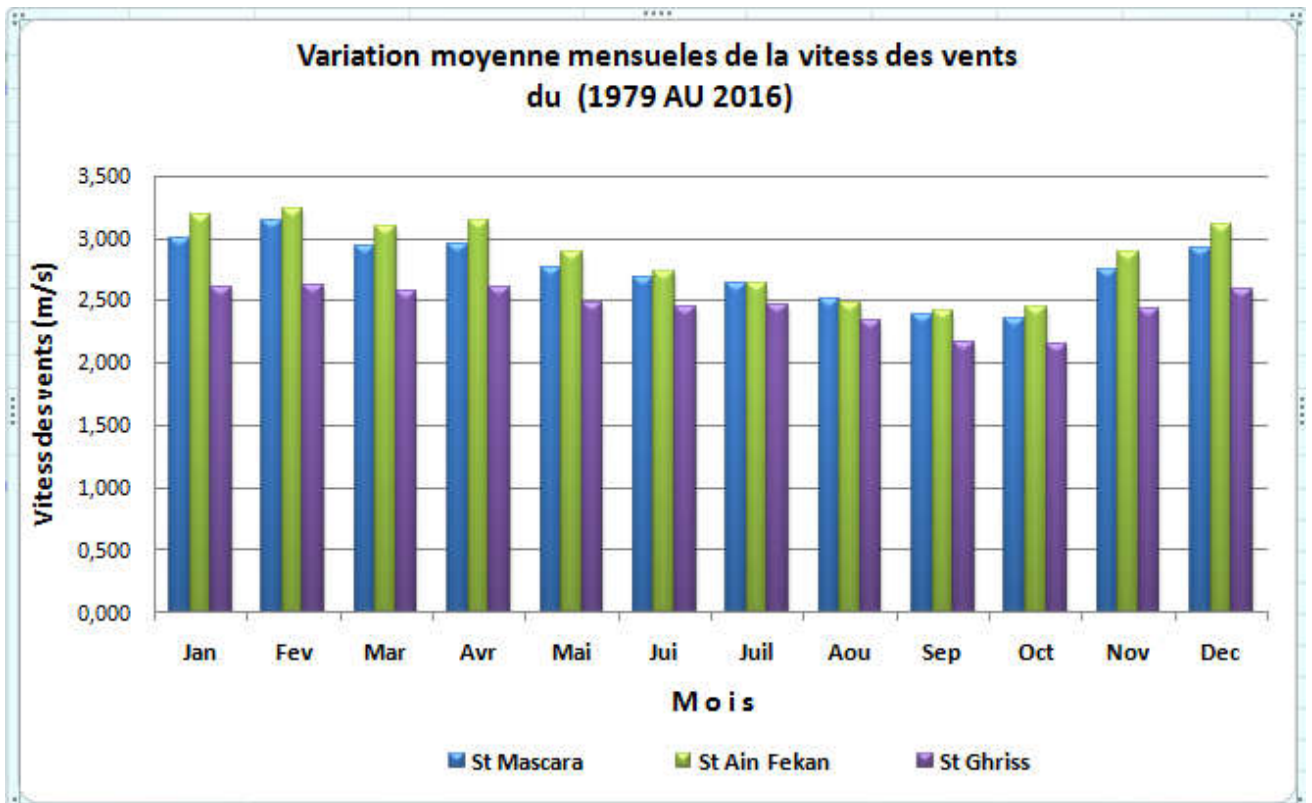


Fig. II.10. Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année selon les données climatiques de Bouabssa N. ,2017.

II. 3. 1.7. Evaporation

L'évaporation est l'un des phénomènes les plus importants du cycle hydrologique.

Il permet l'alimentation en vapeur d'eau de l'atmosphère par les cours d'eau, les lacs ainsi que les végétaux.

C'est le déficit d'humidité dans l'air ambiant qui provoque l'évaporation.

Cette fonction constitue une perte directe à partir des écoulements et des plans d'eau.

En Algérie, la hauteur d'eau évaporée annuellement par une surface d'eau libre est presque toujours supérieure à la quantité de pluie tombée sur la même surface.

Les valeurs de l'évaporation mensuelle sont estimées à partir de la formule de l'évaporation de la surface d'eau libre des retenues en Algérie, elle est donnée par la formule suivante :

$$E = 0.233 n (e_s - e_a) (1+0.39 V)$$

Où :

- E – Evaporation en mm ;
- e_s - Tension de vapeur d'eau saturante correspondante à la température de la surface en mb ;
- e_a - Tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère en mb ;
- V – Vitesse du vent en m/s ;
- n – Nombre de jours du mois considéré.

Le calcul de valeurs de l'évaporation est donné par le (Tableau .II.) suivant :

Tableau. II.06 Répartition mensuelle de l'évaporation moyenne

Sration	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	moy
Mascara	27	41,1	72,1	97,7	133,2	163	178,7	161,8	109	69,3	38,3	23,6	92,9

Source : DRE (2005)

Ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant de Mai à Septembre et elle est faible au mois d'Octobre à Février. (DAHMANI A., 2010)

II.5 Pédologie

Cette partie a été prise essentiellement des travaux faits au niveau de l'ANRH. Où la plaine de Mascara a fait l'objet de nombreuses prospections pédologiques, on peut citer :

- Étude agro-pédologique de la plaine de mascara, réalisée au 1/50000 - MECHAI (1970)
- Étude de l'aire d'irrigation de Tizi, réalisée au 1/20000 - VINAS (1978)

- Étude pédologique de la plaine de Mascara, –M. Djeraba , H . Hammoum (1994) (1/20000)
- Étude pédologique de l'extension Est de la plaine de Mascara, Djeraba (1996) (1/20000) La cartographie des sols de la plaine réalisée en 1970 à l'échelle 1/50.000° et reprise en 1994 au 1/20.000° a permis de mettre en évidence cinq (05) classes de sols, qui sont :

- **Sols peu évolués**

Cette classe de sols occupe une place importante. Ils sont localisés sur les dépôts alluviaux, colluviaux récents ou actuels (cônes de déjections des oueds). Ils sont bien représentés sur la partie Nord - Est de la plaine aux environs de l'oued Maoussa.

- **Vertisols**

Sols à superficie peu importante localisés dans quelques dépressions au centre de la plaine, autour de Froha et à l'Ouest de Tizi. Ces sols sont caractérisés par la présence de fentes de retrait et par une texture très argileuse.

- **Sols calcimagnésiques**

Cette classe constitue la catégorie de sols la plus représentée dans le périmètre. Ce sont des sols des glacis Moulouyens à croûte calcaire dure et épaisse. Ce glacis prend une grande extension au Sud de Tighennif, à l'Ouest de Matemore et au Sud - Ouest de Ghriss. Une Grande partie de ces sols est représentée par les rendzines qui sont des sols peu profonds trop riches en graviers et cailloux, formés sur des croûtes et encroûtements calcaires.

- **Sols isohumiques**

Ils occupent des superficies moyennes et sont localisés surtout dans la partie Sud - Ouest de la plaine dans l'axe Ghriss - Matemore. Ces sols à pédo-climat frais pendant les saisons pluvieuses sont représentées par le groupe de sols marron, formés sur croûte et encroûtement calcaire. On note la présence d'accumulation nodulaire au sein du profil.

- **Sols à sesquioxydes de fer**

Ces sols sont représentés par le groupe des sols rouges formés sous un climat de type méditerranéennes ont une extension assez réduite Sud - Est de Mascara, dans la petite vallée de l'oued Fekan, rive droite de l'oued Maoussa.

CHAPITRE III

***CADRE GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE DE LA
ZONE D'ETUDE***

Chapitre III : Cadre géologique, hydrogéologique de la zone d'étude

III.1 Contexte géologique et hydrogéologique

Cette partie a été prise essentiellement des travaux de **Sourisseau , B. 1970 in Bekkoussa 2009)**

III.1.1. Réseau hydrographique

Le chevelu hydrographique est peu développé dans la plaine. Seuls quelques petits oueds comparables à de véritables ruisseaux sillonnent la plaine (Figure 12). Ce sont : l'oued Maoussa qui draine une partie des glacis sur les versants Sud des monts de Beni Chougrane en aval de Khalouia et venant du Sud, l'oued Froha qui draine les dolomies calcaires des monts de Nesmot où il prend naissance. Ces deux affluents se rejoignent au niveau de Tizi pour rejoindre l'oued Fekan.

Une description donnée pour chaque oued en se basant sur des mesures de débits faites par les services de l'ANRH.

- **Oued Maoussa**

Au nord-est de Mascara, l'oued Maoussa prend naissance sur le plateau d'El Bordj, il coule du nord vers le sud en entaillant des gorges profondes dans les reliefs des bordures de la plaine par érosion mécanique dans les matériaux meubles de Beni Chougrane, au-delà de la localité de Maoussa, il rejoint la plaine de Ghriss où il s'infiltré. La station de jaugeage installée en amont de la ville de Maoussa a enregistré un débit de base varie de zéro à quelques dizaines de litres par second en étiage à cause de nombreux prélèvements effectués en amont pour l'irrigation dans la région de Khalouia. Les crues provoquent une érosion régressive très intense avec d'énormes transports de sables argileux, des débits instantanés dépassent les 3 m³/s avait été enregistré.

- **Oued Froha**

Provenant des monts de Sidi Kadda, il est caractérisé par un étiage sec où on note des débits de bases nuls à la station de Ghriss, en amont, les débits enregistrés sont de l'ordre de 20 - 30 L/s, il s'infiltré dans les alluvions au sud de Froha avant d'atteindre la ville de Ghriss. Le débit moyen annuel de cet oued calculé sur une période de 28 ans (1971-1998) est de l'ordre de 130 L/s.

- **Oued Fekan**

Prend sa source à l'ouest de Tizi au niveau de Ain Fekan, pour la période entre 1970-2002, le débit moyen annuel est de 288 L/s, avec un débit d'étiage négligeable, malgré ce très faible débit, on a noté des crues instantanées de 15 m³/s dans les années 70.

- **Oued Toudman**

Il est caractérisé par des débits très réguliers mais très faibles. Le débit de base est de l'ordre de 1 l/s. La perméabilité des grés et des calcaires lacustres de pliocène est élevée et par conséquent les pluies s'infiltrent et seulement les pluies torrentielles ruissellent le long de l'oued (Sourisseau B., 1974).

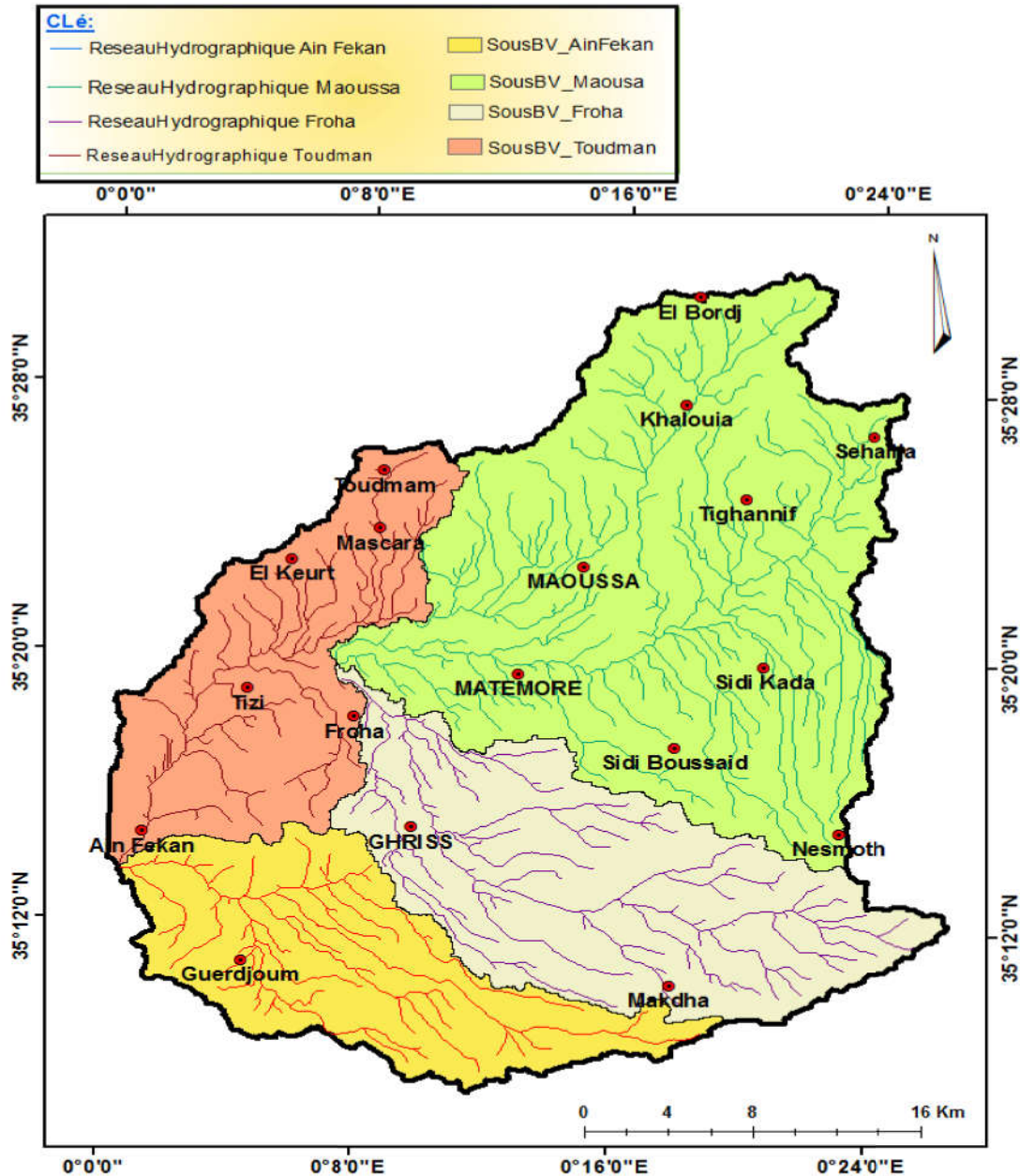


Fig.III .01 . Délimitations des Sous Bassin Versant de la plaine de Ghriss, (Sourisseau 1974)

(Bouabssa N. ,2017)

III.1.2. Géologie de la région

La zone de Sidi Kadda et Mammounia fait partie du domaine géologique tellien Oranais, il concerne le bassin versant de Ghriss (Sourisseau 1974), ces reliefs sont représentés par les monts de Saida au Sud et les monts de Béni Chougrane au Nord.

Le synclinal de Sidi Dahou n'est le siège d'aucun incident tectonique, c'est une région, calme dans l'ensemble, au point de vue géologique, présente une suite d'ondulation constituant une série de petits bassins échelonnés du nord au sud. Une faille d'un rejet d'une 40aine de mètres sépare de point de vue hydrogéologique.

Le bassin de Sidi Dahou situé vers le nord de celui de St-Hippolyte (Toudman) vers le nord.

La région Sidi Kadda est constituée par les formations du Mésozoïque (des formations du tertiaire, des formations du quaternaire et des formations du Mésozoïque)

a- **Les monts de Béni Chougrane** sont allongés en arc de cercle dans la direction Sud-Sud - Ouest et Nord Nord-est. Ils représentent les vestiges de l'ancien sillon méditerranéen effondrés et charriés. Le transport de ces vestiges a donné naissance à deux types de formation:

- **Le Crétacé moyen et supérieur:** Il est formé essentiellement de marnes et de bancs de calcaires gris à semelle de Trias gypseux et salifère recouvrant en contact anormal les terrains du Miocène anté-nappe.
- **Eocène et Oligocène (Nummulitique):** Il est formé de marnes et de banc de grès qui recouvrent en contact anormal soit le Crétacé constituant la première nappe, soit le Miocène anté-nappe.

b- Miocène et Pliocène: Sur les terrains allochtones, sont venues se déposer en deux phases discordante, les formations du Miocène post-nappe et du Pliocène. Les Monts de Saida constituent la bordure Sud de la plaine. Ils ont subi une intense tectonique cassante ; ces ensembles s'enfoncent légèrement vers le Nord, ce qui favorise l'écoulement et le drainage des eaux vers la plaine.

A Ain Fekan cet ensemble calcaire dolomitique du Jurassique Supérieur est limité par une faille qui le met en contact avec le Crétacé inférieur argilo-gréseux. Cette interruption soudaine de la perméabilité des terrains est à l'origine des sources des Aïounes Fékan, où le Crétacé constitue un véritable barrage souterrain. Des dépôts de destruction, sables argileux rouges et conglomérats, se sont amassés au pied des Monts de Sidi Kadda sur de grandes épaisseurs par endroits Fig. III .02.

C - Le centre de la plaine: La plaine proprement dite est une cuvette d'effondrement correspondant à une zone de subsidence marquée par la flexure des couches du Néogène, en bordure des monts de Beni- Chougrane. Les apports d'alluvions argilo sableux de l'oued Maoussa continuent de permettre à cette subsidence d'évoluer. Le substratum effondré est constitué par des calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur. Au-dessus, se sont déposés localement des conglomérats de base puis un

remplissage marin d'argile et marne grisâtre et verdâtre du Miocène inférieur et moyen. Au centre de la plaine, la subsidence a permis l'accumulation d'une grande épaisseur de calcaires lacustres.

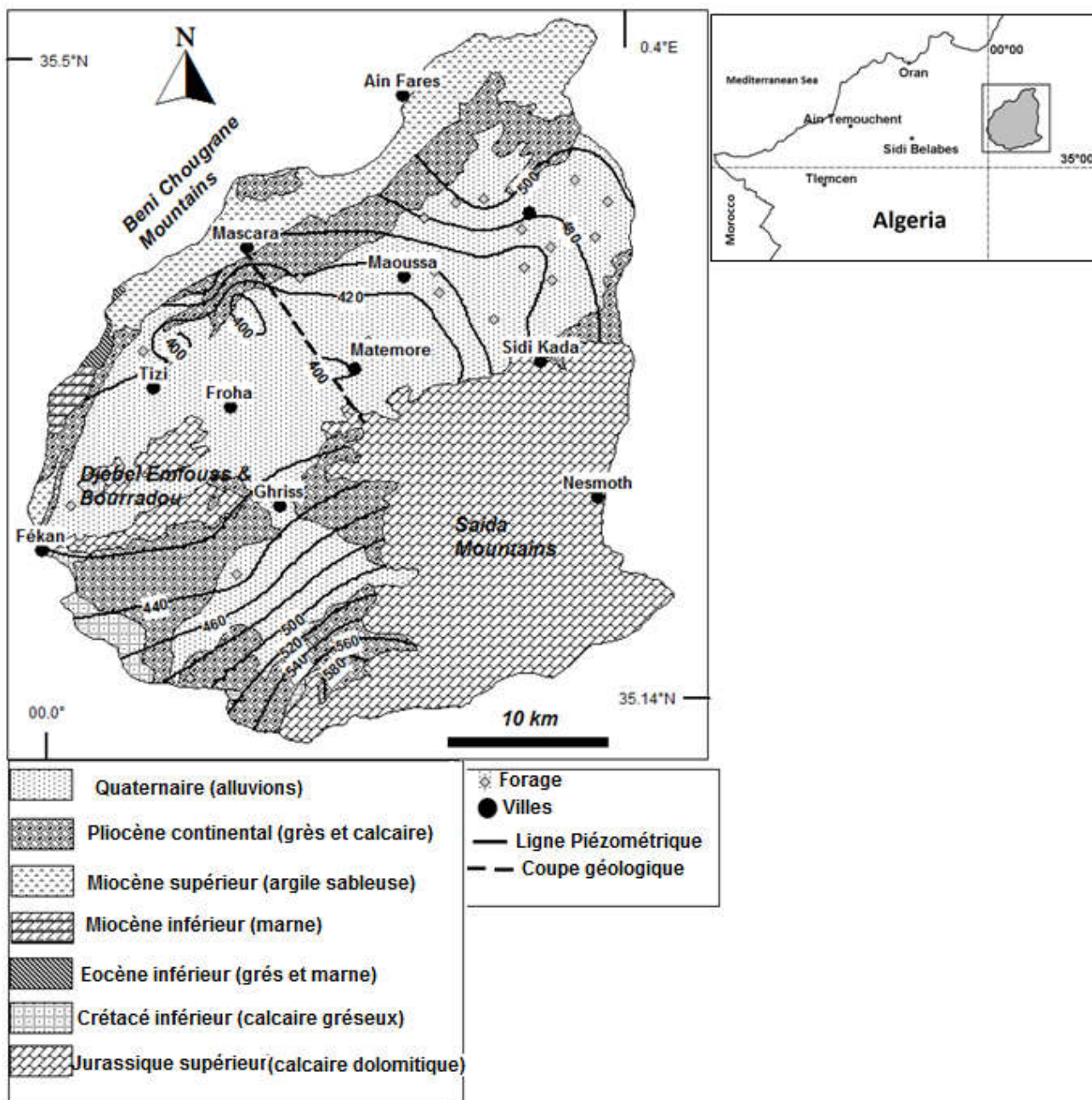


Fig. III.02. Carte géologique du sous bassin versant d'oued Fekan extraite (Bekkoussa S. et al. 2016)

III.1.3. Le secondaire

a) Trias

Il est inconnu dans le bassin versant. On le rencontre dans les monts de Béni Chougrane à la base des nappes du Crétacé et en accident diasporique, au Sud, dans la vallée de l'Oued Taria.

Il est toujours gypseux parfois salifère, accompagné de roches vertes, ophites et gabbro de dolomies, cargneules et brèches fétides et marnes bariolées.

b) Callovo-Oxfordien

Il affleure au Sud du bassin, dans la vallée de l'Oued Taria. C'est un ensemble de bancs gréseux peu épais, alternant avec de puissantes séries d'argiles et de marnes jaunes et vertes. Son épaisseur est de l'ordre de 250 mètres.

c) Lusitanien

Il affleure dans la partie Sud des montagnes de Sidi Kada et a été rencontré en sondage dans la plaine. Il est composé d'une alternance de bancs gréseux et dolomitique, qui font corniches à l'affleurement de passage argilo-marneux, également épais la puissance totale de la formation est de l'ordre de 150 mètres.

d) Jurassique supérieur

Il comprend le Kimméridgien supérieur et Purbeckien. Il affleure largement tout le long de la bordure méridionale de la plaine. Il constitue également le substratum résistant effondré.

Au sommet on trouve des calcaires gris à pâte fine, Zoogénies, riches en Nérimées.

Et polypiers, exploités en carrière dans les Djebel Enfouss et Bon Rhaddou. La formation se poursuit avec des calcaires dolomitiques. On observe des petits niveaux de marnes noires qui ralentissent l'infiltration des eaux et peuvent donner naissance à des résurgences perchées. La puissance totale de la formation doit dépasser 350 mètres.

Sidi Kadda comprend le Kimmeridgien et le Portlandien. Ils affleurent largement tout au long de la bordure méridionale de plaine.

Ils constituent également le substratum résistant effondré au sommet par des calcaires gris à pâte fine. Cette formation se poursuit par des calcaires dolomitiques et des dolomies. Sa puissance totale est de l'ordre de 300 à 400 m.

e) Crétacé inférieur

Attribué à l'Hauterivien, il affleure en amont à l'ouest de Djebel Enfouss et dans le Sud-ouest de la plaine du Guerdjoum. Il est représenté par des calcaires gréseux devenant plus argileux en profondeur et de grés fins argileux. (B. Sourisseau 1974).

III.1.4. Le Tertiaire**• Eocène**

Il affleure dans la bordure ouest de la plaine. Il est représenté par une alternance de bancs métriques gréso-calcaires et de couches argilo-marneuses de plusieurs mètres d'épaisseur.

• Oligocène:

Il affleure à Beni Chougrane et à l'Est de Tighenif. Cette formation présente les mêmes faciès que la précédente qu'elle recouvre en discordance. Elle est constituée de couches argilo-marneuses avec de bancs de grés. A la base s'intercale un conglomérat de base polygénique peu épais.

- **Miocène**

Il affleure dans les monts de Beni Chougrane, faute d'indice paléontologique sûr. Nous ne pourrions individualiser le Miocène inférieur et moyen marneux de Miocène supérieur marno-sableux (B.Sourisseau 1974) C'est un ensemble monotone épais, à prédominance de marnes vertes avec des passages très riches en macrofaunes de gastéropodes et de lamellibranches et conglomérat de base polygénique sous la plaine, il est composé de terrains qui ont comblé les fosses d'effondrement du Jurassique supérieur.

Dans le Djebel Oucilles le Miocène marin disparaît et passe à une formation continentale argilo-sableuse rouge dite de Bouhanifia, sur cet ensemble marneux reposent en concordance des sables fins argileux à concrétions calcaires. Sables et des calcaires récifaux massifs à lithothamnium, qui affleurent en lambeaux au Djebel Oucilles et au Nord d'El-Bordj. Ces deux dernières formations sont attribuées au Miocène supérieur terminal (Saharien). Elles sont absentes dans le sous-sol de la plaine.

Dans la zone de Sidi Kadda les Miocène affleure dans les Beni-chougrane. C'est un ensemble monotone très épais, à prédominance de marnes vertes.

- **Pliocène**

On le rencontre dans les monts Beni Chougrane et sous le recouvrement de la plaine. Il est alors sub-affleurant sous une couche mince de limons. A la base, on observe des grés marins transgressifs qui ont été déposés par La mer de l'Astien. Au sommet, les grés passent à des sables consolidés, de plage et dunaires de couleur jaune.

L'épaisseur de cette formation varie entre 40 et 100 mètres y compris les sables de désagrégation en surface. Ils affleurent à proximité de Mascara et de Khalouia, puis plongent vers la plaine dans laquelle, ils se biseautent dans le Djebel Oucilles, leur épaisseur est de l'ordre de 10 mètres.

Directement sur les grés et sables, ou séparés par une faible épaisseur d'argile sableuse rouge détritique. Reposent des calcaires blancs crayeux à traces d'oxygène de manganèse et de fer. Ces calcaires lacustres très érodés sur le plateau de Mascara, affleurent sur toute la bordure des Beni Chougrane.

A Ce niveau, une grande flexure les fait plonger sous la plaine où leur épaisseur augmente rapidement.

Vers l'Ouest et le Sud l'épaisseur des calcaires lacustres diminue puis devient nulle.

A l'Ouest de Mascara, la formation devient moins calcaire et plus argileuse la couleur blanche est remplacée par celle des marnes jaunes et vertes.

En bordure des montagnes de Sidi Kada, les formations lacustres sont absentes. Elles sont remplacées par de grandes épaisseurs d'éléments roulés de nature calcaire et calcaro-dolomitique, reliés par un ciment argilo-carbonaté. Il débute par des conglomérats et des grés surmontés par des calcaires gréseux et se termine par des sables continentaux.

Ces conglomérations sont accompagnés d'argiles rouges silteuses et de sables argilo-magnésiens provenant de la décomposition de roches calcaires. (B. Sourisseau 1974).

- **Quaternaires**

Au Moulayen, on a observé sur toute la bordure ouest et Nord de la plaine, des argiles rouges détritiques qui surmontent les calcaires lacustres.

Au Quaternaire moyen une terrasse alluviale de sables fins, accompagnés de quelques petits graviers décimétriques, a envahi la région comprise entre Maoussa et Tighennif.

Elles sont constituées a la base par des alluvions anciennes caillouteuses ou sableuses a ciment argileux et occupant toute la plaine.

III.3. Cadre hydrogéologique

L'exploitation des nappes dans la plaine de Ghriss revêt une grande importance car la proportion des eaux souterraines par rapport aux eaux superficielles est élevée. Il faut tenir compte des réservoirs potentiels sans oublier les séquences lithologiques (roches imperméables de retenu et structure).

L'agriculture est le plus grand consommateur en eau de la plaine. L'irrigation des terres et l'alimentation en eau potable des agglomérations sont assurées par des pompages dans un grand nombre d'ouvrages captant toutes les nappes (plus de 5000 points d'eau), même celle des calcaires dolomitiques.

L'étude géologique de la plaine de Ghriss a permis de progresser dans la connaissance du cadre hydrogéologique. Elle précise pour chaque aquifère les conditions d'alimentation. L'étude hydrogéologique a pour but d'identifier les différentes nappes et leur distribution dans l'espace, et permettant de dégager une interprétation bien précise sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines des différentes nappes.

Le cadre géologique a permis l'illustration du cadre hydrogéologique en déterminant les aquifères et leurs conditions d'écoulement.

L'ensemble carbonate du jurassique, Il est constitué par des calcaires, calcaires dolomitiques et les calcaires du jurassique.

Cet ensemble carbonaté affleure largement au Sud de la plaine et dispose d'un vaste périmètre d'alimentation.

Il renferme une nappe d'eau importante dont leur perméabilité est en grand (par réseau Karstique) et de bonne qualité chimique.

L'écoulement des eaux souterraines se fait du Sud vers le nord.

L'ensemble plio-quaternaire

Cette nappe s'étend sur toute la plaine d'El Hachem. Elle est contenue dans les formations : alluvionnaires, les conglomérats de base et les graviers.

Aux pieds des reliefs elle est relayée par des cônes de galets et conglomérats calcaréo-dolomitique qui passent latéralement à des grés et sables.

III.3.1. Principaux aquifères dans la plaine de Ghriss

La plaine de Ghriss est une identité hydrogéologique indépendante, formé par une superposition de couches perméables aquifères séparées par des formations imperméables qui retiennent ou mettent en charge ces nappes. Ainsi quatre (04) nappes ont pu être identifiées, soit de haut en bas, de la plus récent à la plus ancienne Fig. III.03 et Fig. III.04 d'après Sourisseau, B. 1974.

a) Nappe superficielle ou phréatique

C'est la première nappe rencontrée quand on creuse. Elle est uniforme et contenue dans toute la partie abaissée et remblayée de la plaine, hétérogène et discontinue sur les reliefs de bordure. Elle est contenue dans les dépôts alluvionnaires natifs de la désagrégation des grés, des calcaires lacustres, des calcaires dolomitiques et des marnes des bordures du bassin versant de la plaine, ce qui entraîne des variations locales des valeurs des paramètres hydrauliques. Entre Tizi et Ain Fekan, les dépôts superficiels deviennent plus argileux.

b) La nappe des calcaires lacustres

C'est une nappe libre dans les Monts des Béni Chougranne, captive sous la plaine et localisée à la moitié occidentale de la plaine. Elle est constituée de calcaire blanc, crayeux du Pliocène, le mur de la nappe est formé par des marnes bleues du Miocène. Leur perméabilité diminue vers l'exutoire de la nappe qui est la source "d'Ain Tizi".

c) La nappe des sables et grés de Tighennif

C'est une nappe captive à une extension limitée, localisé dans le Nord de la plaine, formée des grés et des sables du Pliocène. Elle est alimentée par les affleurements au niveau de Khalouia et de Tighennif. Cette nappe est met en charge sous la plaine, son toit formé par les calcaires lacustres à faciès marneux. Les différences d'altitude entre les affleurements et l'exutoire (lac de Tighennif) et la diminution de la perméabilité vers l'aval provoquent une remontée du niveau statique (cartésianisme).

d) La nappe des calcaires dolomitiques

Cette nappe occupe toute la partie sud de la plaine. Elle s'étend sur une grande partie de la plaine, elle est contenue dans des calcaires dolomitiques fissurés du Jurassique supérieur (Kimméridgien). Le cheminement des eaux s'effectue en réseau karstique vers les panneaux effondrés sous la plaine de Ghriss, donc il s'agit d'une nappe de type karstique. La nappe des calcaires dolomitiques considérée comme la plus importante de ce système multicouche de par son étendue, ses potentialités et la qualité de ses eaux. Le mur de

cette nappe est la formation elle-même compacte, non fissurée, le toit est formé par les marnes bleues et vertes du Miocène ou les argiles rouges détritiques de l'Oligocène. Les écoulements se font vers Ain Fekan, où les eaux remontent au contact d'une faille avec les terrains du crétacé inférieur. Elle contribue à l'alimentation de celle du Plio-Quaternaire par l'intermédiaire des dépôts de pentes constituées de graviers, de galets et conglomérats.

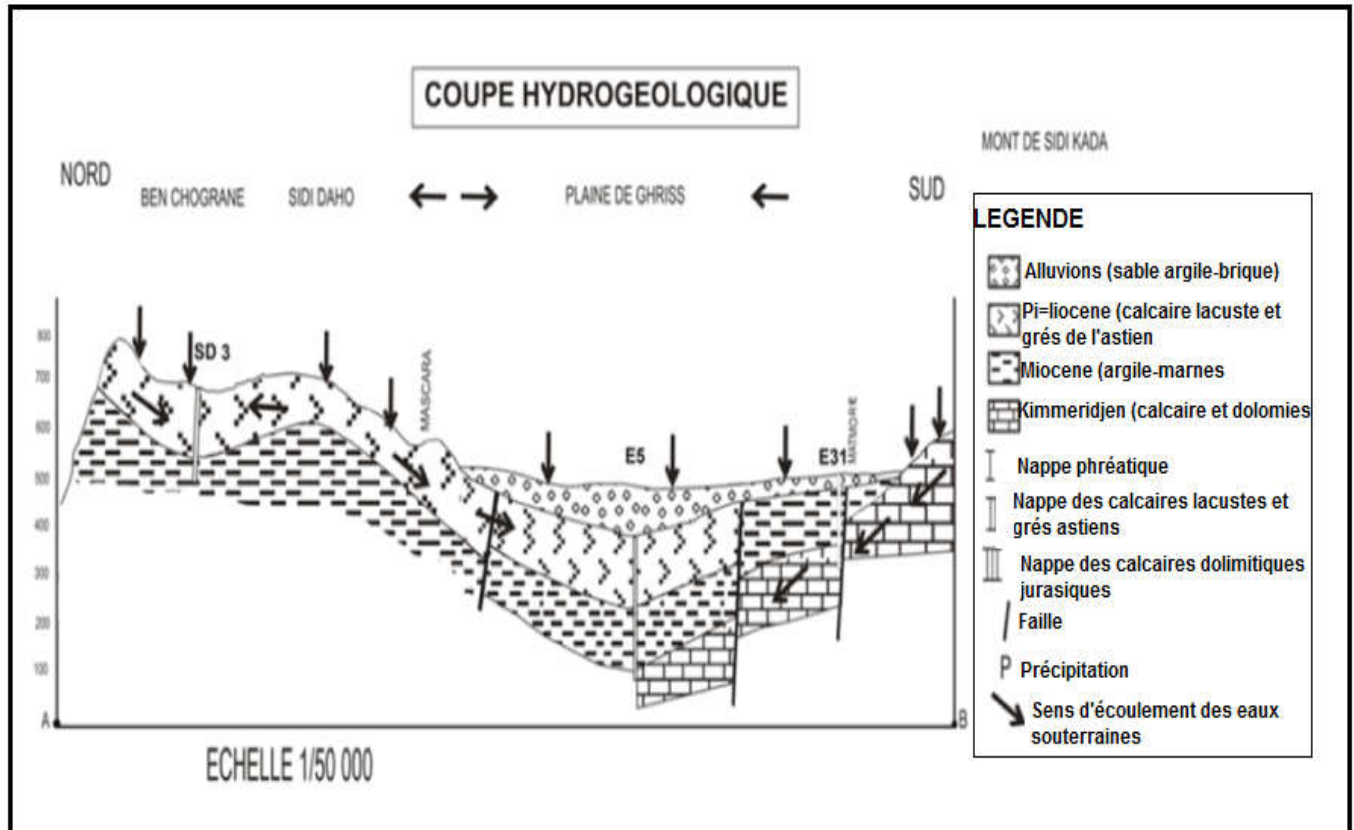


Fig. III .03. Coupe Hydrogéologique de la plaine de Ghriiss (DRE MASCARA)

Le Log stratigraphique dans la plaine de Ghriiss d'après Sourisseau B. 1974 est présenté dans la Fig. III.04 .

STRATIGRAPHIE			EPAISSEUR (m)	COLONNE LITHOLOGIQUE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	
AGE	SYSTEME	SOUS SYSTEME				
QUATERNAIRE	-	-	-		Argile rouge silteuses, sable argileux, conglomérats, calcaire dolomitique, calcaire	
PLIO-QUATERNAIRE	-	-	-		Argile rouge détritique, gravier, terrasses alluviale de sables	
TERTIAIRE	MIOCENE	Pliocène		40-270		Grès marins, sables, argiles sableuses, calcaire lacustre
		Miocène	Sup	=100		Sables fins argileux à concrétions calcaire, sables, calcaire récifaux massif
			Inf			Marnes vertes, conglomérats
		PALEOGENE	Oligocène		-	
	Eocène		Inf marin	-		Alternance métrique de bancs gréséo calcaires, couches argilo- marneuse
	SECONDAIRE	CRÉTACÉ INF	Hautérien		-	
JURASSIQUE		Supérieur		300 - 400		Calcaire gris, calcaires dolomitiques, dolomies, marnes noires
		Lusitanien		= 150		Alternance de bancs gréseux dolomitiques, série marneux à intercalation de calcaire dolomitique, marnes grises à modules ferrugineux
		Callovo- Oxfprdien		= 250		Bancs gréseux, argiles, marnes grises, jaunes et vertes
	TRIAS	Sup Moy Inf	-		Marnes bariolée, dolomies, congueules, brèches fétides, gypse	

Fig. III.04. Log stratigraphique dans la plaine de Ghriss (d'après Sourisseau, B. 1974)

III.3.2. L'exutoire et l'alimentation :

a) Nappe superficielle ou libre:

Cette nappe libre ayant pour exutoire Ain Fekan est alimentée suivant trois processus qui sont:

- Alimentation directe par sa propre surface.
- Alimentations par les aquifères adjacentes (soit filtration latérale directe, soit par l'intermédiaire de source).
- Alimentation par les oueds principalement en période de crue.

b) Nappe des calcaires lacustres:

Cette nappe est bien alimentée (alimentation directe par son impluvium), grâce à sa position (position haute) qui est favorable à une bonne pluviométrie. Elle est interconnectée avec celle de Plio-quadernaire.

L'exutoire de cette nappe est constitué par la source de Tizi.

c) Nappe des sables et grès de Tighennif:

Cette nappe est alimentée directement par son impluvium. L'exutoire de cette nappe est constitué par la source d'AinFekan.

d) Nappe des calcaires dolomitiques:

Les monts de Nesmot, Enfous et Bou Raddou constituent l'impluvium de cette nappe. Cette nappe est drainée par de nombreuses sources dont les plus importantes sont les résurgences d'Ain Fekan.

III.3.3. Les paramètres hydrodynamiques des différentes nappes:

a) La nappe superficielle:

▪ La transmissivité:

Les valeurs de transmissivité établis par Sourisseau, montrent des valeurs plus fortes dans la moitié Sud ($10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) que dans la moitié Nord ($5.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$).

▪ Gradients de la nappe:

D'après Sourisseau les valeurs des gradients sont:

Les calcaires lacustres: $i=3\%$;

Les sables argileux d'Ain Fares: $i=3\%$;

Les calcaires dolomitiques des Monts de Saïda: $i=3\%$;

Sur les bordures de la plaine la valeur des gradients est plus faible:

- Entre Sidi Kada et Ghriss: $i=1 \text{ à } 2\%$;
- Bordure de Guerdjoume: $i=2\%$;

▪ Dans la plaine proprement dite la pente est faible qui définit l'accumulation des eaux dans la plaine; plaine de Mascara $i=3\%$; la plaine de Guerdjoume $i=5\%$, à Ain Fekan, la pente augmente du faite du drainage $i=2\%$.

▪ **Coefficient d'emmagasinement:**

D'après Sourisseau les valeurs de Coefficient d'emmagasinement pour la nappe superficielle comprises entre 0.10 et 0.25, ceci implique que cette nappe a une porosité élevée. Les eaux de cette nappe sont peu profondes, dans la plaine peut atteindre 20m. Les profondeurs qui au contacts des massifs des bordures (les Monts de Beni-Chougranne), sont les plus importants 20 à 25m.

b) Nappe des calcaires lacustre:

Cette formation est reconnue par les forages, l'échelle des transmissivités de cette nappe selon Sourisseau est $3.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de 3 à 5.10^{-3} .

c) Nappe des sables et grés de Tighennif:

Dans la région de Mascara, les sables et grés de l'Astien suralimentent les calcaires lacustres avec lesquels ils ne forment qu'un seul et même réservoir. Cette nappe se met en charge sous la plaine.

La transmissivité est de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, et le coefficient d'emmagasinement est de 5.10^{-3} .

d) Nappe des calcaires et dolomie du Jurassique supérieur:

La superficie des affleurements de la formation est de 378 km^2 , le volume d'eau moyen apporté annuellement par l'alimentation naturelle de cette nappe serait de: $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$ d'après Sourisseau 1974.

L'aquifère est caractérisé par une grande perméabilité; il communique directement avec la nappe phréatique sur une grande surface.

La transmissivité est variable, elle augmente dans le sens d'écoulement des eaux, plus on se rapproche de Ain Fekan; plus la nappe de substratum jurassique est fissurée et karstifiée selon Sourisseau.

e) Aquifère des grés de l'Astien du pliocène

L'existence de quelques points d'eaux à débit plus ou moins important (cas de la source de Karakouche), émergeant dans les formations pliocène au centre du synclinal surtout au niveau de failles, indique la présence d'un aquifère à potentialité hydrique importante.

Deux mécanismes d'émergence ont été mis en évidence :

- Les sources de débordement : exemple d'Ain Karakouche qui se localise au dans la formations des calcaires caverneux blanc, deux pistes sont à exploiter :(i) soit les calcaires reposent directement sur le niveau imperméable des argiles (ii) soit le partie sommitale de l'aquifère atteint même les calcaires caverneux émerge dans vide crée par faille.
- Les sources qui émergent dans le Sud de Sidi Daho et dont l'écoulement est assuré par le flanc septentrional de ce synclinal.

III.4. Grandes formations hydrogéologie et leurs exutoires de Sidi Kadda

La série sédimentaire débute par les formations allochtones d'âge crétacé (une alternance marno-calcaires et marneuse). Elles sont surmontées soit : en discordance par une série gréseuse à sableuse d'âge miocène ou bien par des marnes gris foncé, avec intercalation de blancs calcaires principalement. Ensuite un immense ensemble gréseux du pliocène représente la totalité du bassin hydrogéologique ; l'ensemble est déformé par des plissements à fond plat et affecté par des accidents tectoniques. Le quaternaire est essentiellement constitué de carapace calcaire, de grés, des alluvions. Seules les séries du pliocène renferment des nappes exploitables à potentiel hydrique important. Il s'agit notamment des grés de l'Astien connu par leur capacité hydrique.

Selon les différentes études géologiques et hydrogéologique réalisées sur la région de Sidi Dahou (Bentabet, B 1996), une colonne hydrogéologique a été élaborée pour visualiser en profondeur les aquifères et simplifier leur aspect litho-hydrodynamique.

Cette formation identifie plusieurs formations géologiques.

Argiles rougeâtre avec inclusion calcaires cavernaux de teinte blanchâtre, Alternances de niveaux calcaire gréseux et argileux, Grés blancs à jaune, un niveau argileux à intercalation des grés et de sables fins.

III.4. Diminution de la ressource en eau souterraine

L'étude de la fluctuation du niveau d'eau montre que, la plaine de Ghriss a subi un rabattement continu depuis une vingtaine d'années du fait de sa surexploitation.

L'abaissement se fait ressentir sur l'ensemble de la zone et s'est accru ces dernières années (il est actuellement de 1 mètres par an en moyenne), même la nappe des calcaires dolomitiques qui été considérées un certain temps comme un réservoir. Il a été aussi constaté que ce rabattement est accentué plus lors de dernières années. (Depuis l'année 1986).

En 1972, la recharge annuelle du système aquifère de Ghriss était estimée à 89 millions de m³/an, actuellement cette recharge n'est plus que 65.3 millions de m³/an, ce qui correspond à une diminution de plus de 26%. En 1972, les prélèvements étaient estimés à 73.5 millions de m³/an dont 4.4 millions de m³/an pour l'alimentation en eau potable, 66.1 millions de m³/an pour l'irrigation et 3.1 millions de m³/an pour diverses utilisations.

Les volumes extraits des nappes de la plaine de Ghriss ont diminués après les restrictions de pompages imposés par les autorités après le début des années 90.

L'étude de la variabilité pluviométrique sur le bassin de la plaine de Ghriss durant les dernières décennies a illustré une tendance à la baisse de la pluviométrie depuis les années 70/80, qui s'est sévèrement aggravée depuis 1981. Cette diminution des moyennes pluviométriques annuelles se poursuit jusqu'en 2004. Ce constat rejoint celui établi par de nombreux auteurs qui ont décelé une

rupture dans le régime pluviométrique du Nord-Ouest Algérien depuis 1973 (Matari et Douguedroit, 1995 ; Meddi et Humbert, 2000 ; Meddi et Hubert, 2003 ; Kettab et al, 2004).

III.4. Champs de captage à travers la wilaya de Mascara

Il existe Quatorze (14) champs de captage au niveau de la wilaya de Mascara parmi ces quatorze champs de captages celle de la région de Sidi Kadda et Mamounia voir Tableau. III.01.

Champ de captage entre Hachem Zelamta représenté par les forages de Sidi Kadda constituent par le Jurassique supérieur, également le substratum résistant effondre au sommet par des calcaires gris à pâte fine, cette formation se poursuit par des calcaires dolomitiques et des dolomies, avec des formations tertiaires et quaternaire (alluvions), 7 forages destinés à l'AEP qui exploite cette nappe.

Champ de captage de Sidi Dahou représenté par le synclinal de Sidi Dahou constitué par les grès Astien, 8 forages destinés à l'AEP qui exploite cette nappe.

Tableau. III.01. champs de captage au niveau de deux régions

Tableau III.1 champs de captage au niveau de deux régions

N°	Nom du champ de captage	Commune	Destination AEP
01	Entre Hachem Zelamta	Sidi Kadda	Sidi Kadda
13	Sidi Dahou	Mamounia	Mamounia – Ain Fares

Source : DRE MASCARA 2022

En **lithostratigraphie** la succession stratigraphique telle que nous la rencontrons à l'affleurement et un sondage s'établit comme suit, de bas en haut.

Le Crétacé il affleure sur les deux rives Est/Ouest du synclinal.

C9-7 Ailleurs, l'ensemble du **Sénonien** prend le faciès bien connu des marnes gris foncé, avec intercalation de blancs calcaires ; ceux-ci toujours de teinte sombre, se présentent parfois comme d'énormes boules à patine jaune claire noyées dans les marnes. Un Ostracé, *Pycnodonta flicki*, est très abondant dans les niveaux supérieurs, ou l'on trouve aussi *Sostrychoceras Polyplocum*.

Au dessous vient le campanien (C). Formé de marnes grises et de calcaires et caractérisé par quelques fossiles comme *Leiotomaster Gentili*, *bolbaster verrucosus*, *Radiolites*, *Inoceramus*, *Ostrea Vesicularis*.

Les calcaires à ciment de l'oued Fergoug appartiennent à cet étage.

Les niveaux inférieurs du Sénonien sont plus difficiles à distinguer et rien ne paraît représenter le Turonien.

C3-1 Albien. Marnes plus ou moins schisteuses sèches, se dilatant en menus fragments et grès dure peu épais, ammonites pyriteuses, bélemnites etc....la faune indiquant un faciès bathyal, d'ailleurs bien connu dans le Tell.

Miocène :

Il affleure à l'ouest, au nord et à l'est du synclinal. Faute d'incidence paléontologique sûre, nous ne pouvons individualiser le miocène inférieur et moyen marneux du miocène supérieur marno-sableux. C'est un ensemble monotone, très épais, à prédominance de marne verte, avec des passages très riches de macrofaunes de gastropodes et de lamellibranches (ostréa) et un conglomérat de base polygénique.

m3d grés à clypéastres, avec *ostrea crassissima*, grossier, plus moins épais, à lits de intercalés, c'est un dépôt littoral et de plage sablonneuse.

m3-2 les marnes tortoniennes, bleuâtres, devenant grises à l'air, correspondent à des talus assez raides, à la partie supérieure elles alternent avec des lits plus sableux et renferment alors partout de très nombreux fossiles, admirablement conservés, de la faune à *Ancilla Glandiformis*.

Vers la base ces marnes deviennent plus argileuses, très ravinées et prennent le faciès les « argiles helvétiques » boueuses dans la saison des pluies, crevassées et sèches en été, on n'y trouve plus guère que des foraminifères (marnes argileuses à globigérines).

Pliocène :

Le terrain pliocène occupe la totalité du plateau de Mascara, comprenant de bas en haut :

Grés de l'astien : ce sont de grés marins transgressifs qui ont déposés par la mer à l'astien, venus du nord. Au sommet des grés passent à des sables consolidés, de plages, et dunaires de couleurs jaunes, l'épaisseur de cette formation varie entre 40 et 100 mètres y compris les sables de désagrégation en surface.

Au sud, ces grés plongent vers la plaine de Mascara dans la quelle ils se biseautent. Dans le djebel Oscilles leur épaisseur est de l'ordre de 10 mètres.

Directement sur les sables, ou séparé par une faible épaisseur d'argile sableux rouge détritique, reposent des calcaires blancs crayeux, à trace d'oxydes de manganèse et de fer, cette altération est provoquée par l'humidité facilitée par les diaclases et pouvant amener une dissolution partielle de ces roches.

Ces calcaires d'origine lacustre sont très érodés. Au sud du synclinal, une grande flexure le fait plongé sous la plaine de Mascara ou leur épaisseur augmente rapidement. Au nord, ces calcaires couronnent les coteaux qui surplombent le synclinal.

Sur la partie de Mascara et Mohamadia on trouve :

P1 calcaire blancs de Mascara, couronnant les coteaux autour de la ville, ou ils sont exploités pour la construction et l'empierrement, très crayeux. Se clivant en bancs bien réglés, ces calcaires ont été formés à une époque où un grand lac couvrait la plaine de Ghriss et l'emplacement actuel du plateau de St-Hippolyte. On y a signalé quelques rares *Helix*.

P, grés pliocènes reposent sur le sahélien typique, avec ses couches à tripoli, qui affleure en dehors de la feuille, un peu au nord de st-Hippolyte, ils appartiennent au pliocène inférieur marin, Très grossiers, tendres, avec de véritables blancs d'huffres des pectinidés, ils débutent par un lit de poudingue à galets bien roulés.

Sur la partie mascara, ces grés transgressifs vers le Nord débordent sur le Tortonien.

C'est la désagrégation de ces grés friables qui a donné lieu à la formation des sables.

P.s sable rougeâtres, largement étalés sur le plateau de st-Hippolyte et autour de mascara ils constituaient de véritables dunes, aujourd'hui fixées par la culture.

P11 calcaire lacustres compact, très blans, parfois travertneux, constituant, sur le plateau de Saint-Hyppolyte, quelques mamelons broussailleux ou conquis par la culture (étage des calcaires de mascara).

Quaternaire :

Le quaternaire est discontinu dans le Sidi Daho. Il est formé par des placages irréguliers l'argile rouge détritique.

Actuel :

Les sols du plateau de mascara (synclinal de Sidi Daho) sont principalement formés par des sables limoneux et argileux dont l'épaisseur ne dépasse pas deux mètres. La nature de ces dépôts dépend de deux facteurs : des transports, et de la roche mère sou jacente voir Figure III.5.

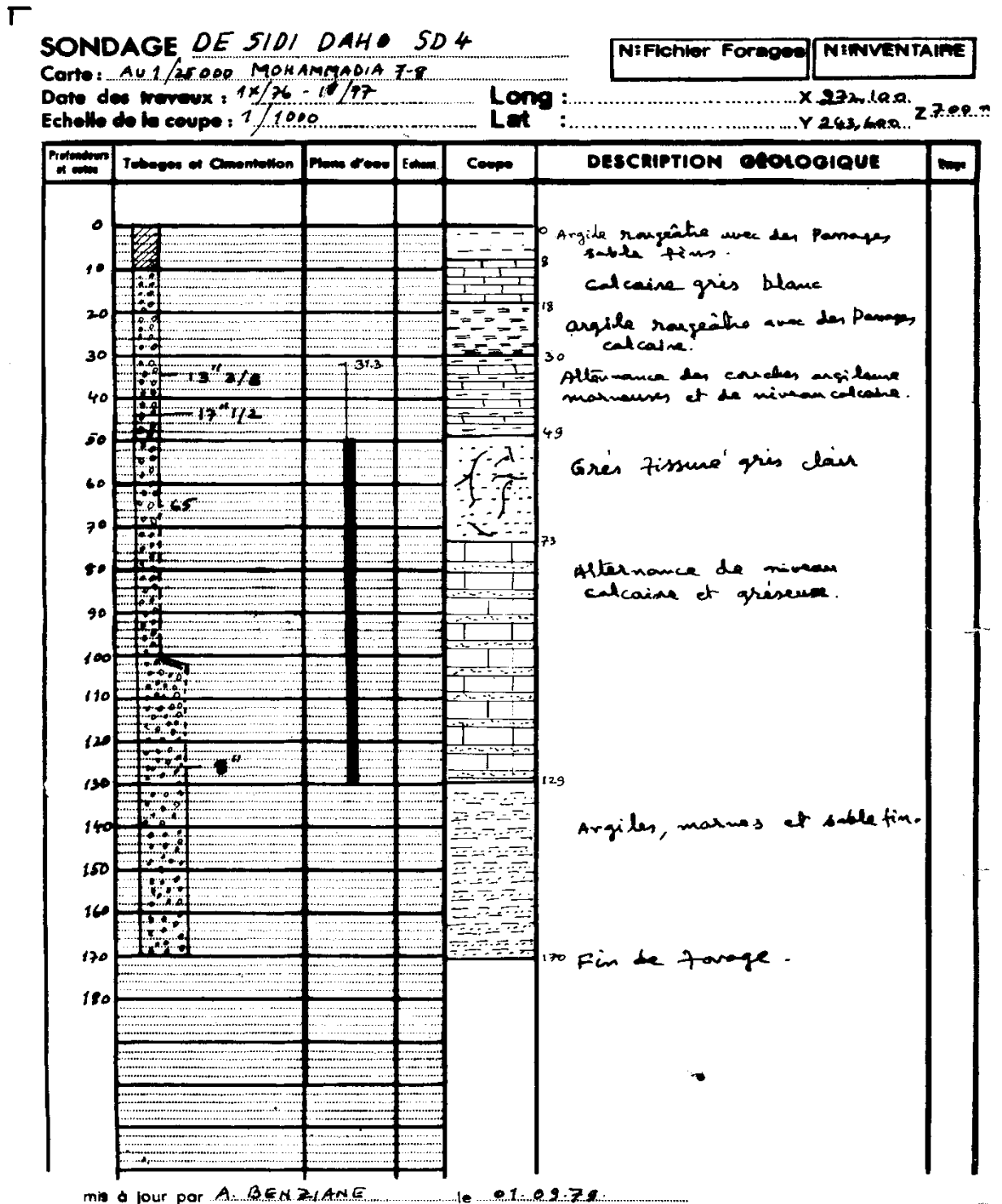


Fig.III .05 Coupe Lithologique du forage SD4 Mamounia (DRE ,2022)

Conclusion

La région de Sidi Kadda et de Mamounia fait partie de la plaine de Ghriss wilaya de Mascara. La région de Mamounia Sidi Daho sont des petites connexions dans sa partie SW avec la plaine de Ghriss.

Il est représenté par le synclinal pliocène à fond plat, et limité par les formations d'âge créacé semi-perméable représenté des par des alternances marno-calcaires et les formations marneuses du Miocène. Il est à noter qu'il existe quelques époinçements des formations gypsifères d'âge triasique notamment dans la partie orientale.

- Au Nord par Djebel Amathrane, Djebel Bachir et Djebel N'djar ;
- A l'Est par la vallée d'Oued Fergoug ;
- Au Sud par la crête dite coudait El Marguab.
- et a l'Ouest par deux talwegs qui relie le synclinal avec la plaine de Ghriss.

Présenté principalement par la dépression de s'étendre le long de synclinal de Sidi Daho qui caractérisé par

- Nappe du Quaternaire alluvionnaire qui s'étend sur une superficie de 605 Km².
- Nappe des calcaires lacustres et des grés et sables de Pliocène, qui occupent une superficie de 125,1Km².
- Nappe du Jurassique supérieur d'une superficie de 375 Km².

Les paramètres hydrodynamiques caractérisant ces différentes nappes

La transmissivité : varie entre $[10^{-5}$ et $10^{-2}]$.m² /s.

La perméabilité : varie entre $[10^{-10}$ et $10^{-7}]$.m/s.

Le coefficient d'emménagement varie entre $(3 \times 10^{-3}$ et $10^{-1})$.

D'une façon générale, les nappes convergent vers le Nord-Ouest de Ain Fekan.

CHAPITRE IV

HYDRO-CHIMIE DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE IV : HYDRO-CHIMIE DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction

Nous avons effectué des analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la plaine de Ghriss. Ces analyses permettent de caractériser ces eaux et de décider de leur destination ou leur utilisation d'irrigation.

Pour réaliser cette étude, 35 échantillons ont été prélevés dans les forages exploitants la nappe de la plaine de la Ghriss.

Les analyses chimiques de ces échantillons ont été effectuées aux laboratoires de l'Agence National des Ressources en Eau (ANRH) d'Oran et d'Algérienne Des Eaux (ADE) unité de Mascara.

L'analyse a porté sur les éléments majeurs suivants : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ pour les cations et HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} et NO_3^- pour les anions.

L'hydrochimie est l'étude des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau. Cette étude de la chimie des eaux souterraines a un grand intérêt qui permet de fournir de précieux renseignements sur la relation qui existe entre les différentes nappes d'une part et les eaux de surface et souterraines d'autre part, comme elle permet de déterminer :

- Le faciès chimique ;
- L'origine des eaux ;
- La qualité des eaux et leurs domaines d'utilisation

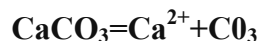
Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons interprété les résultats des analyses chimiques des échantillons d'eau prélevés au niveau des forages qui représentent les différentes nappes

IV.1. Sources des éléments majeurs et leurs normes de concentration dans les eaux souterraines :

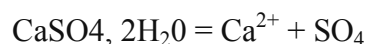
IV.1.1 Calcium (Ca)

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles :

- Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3).



- Soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4).



Leur teneur dans l'eau, qui peut varier de 1 à 200 mg/l, est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. (CO_2).

IV.1.2. Magnésium (Mg)

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature, dans de nombreux minéraux et dans les calcaires (2,1 % de l'écorce terrestre). Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large

utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

La plupart des eaux naturelles présentent des teneurs comprises entre 2,66 et 98 mg/l. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés. Le magnésium dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de magnésium sous forme de carbonates ($MgCO_3$) et de bicarbonates (Mg_2HCO_3). L'organisme humain a besoin d'environ 240 mg de Mg par jour, et la concentration maximale admissible pour l'eau potable est de 150 mg/l.

IV.1.3 Sodium (Na)

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites). La roche Halite (évaporite $NaCl$) est le sel de cuisine. Il est très soluble dans l'eau. Le sodium est par contre généralement peu présent dans les roches carbonatées. Notons que les argiles peuvent être saturées en ion Na^{2+} , par le processus d'échange de bases.

IV.1.4 Potassium (K)

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées, des argiles potassiques, des évaporites (sylvinite KCl) et de la dissolution des engrais chimiques (NPK).

IV.1.5 Chlorures (Cl^-)

Le chlore est le 20^{ème} élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Il n'existe pas sous forme libre, mais à l'état des chlorures qui sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium ($NaCl$) et de potassium (KCl). L'ion Cl^- est présent en petite quantité sur la terre. La source principale de chlorure dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires qui se sont déposées en milieu marin et qui n'ont pas été complètement lessivées, et à la présence d'évaporites.

L'invasion d'eau de mer (où le Cl^- est très présent), ainsi que les phénomènes d'évaporation dans les bassins endoréiques sont également des sources de chlorures possibles. Le rôle des roches cristallines dans la minéralisation en chlorures est faible.

L'apport par les précipitations est d'autant plus important que la distance à la mer est faible. Les apports anthropiques (salage des routes, urine..) sont mineurs dans les zones d'intervention humanitaire.

IV.1.6 Sulfate (SO_4^-)

Les origines des sulfates dans les eaux sont variées. Les origines naturelles sont l'eau de pluie (évaporation d'eau de mer: $1 < c < 20$ mg/l), les argiles, la dissolution des formations gypseuses, et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite).

Les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies), et l'utilisation d'engrais chimique et de lessive.

D'une façon générale, la présence de sulfate dans des eaux naturelles "non polluées" invoque la présence de gypse ou de pyrite. D'un autre côté la concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable, mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre, et l'OMS a fixée cette teneur en sulfate admissible de l'eau potable à 400mg/l.

IV.1.7. Nitrate (NO₃⁻)

Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote organique et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. L'augmentation du taux de nitrates dans les eaux superficielles et souterraines est due pour une large part à l'enrichissement des sols par des engrais chimiques ou organiques, ainsi qu'aux rejets d'eaux usées ou mal traitées dans les cours d'eau, donc l'utilisation d'une grandes quantités de ce composé présente une menace potentielle pour la qualité de l'eau souterraine, particulièrement dans le cas de captages peu profonds, de ce fait l'OMS a fixée La concentration maximale admissible pour l'eau potable est de 50 mg/l de NO₃⁻.

Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé, c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac qui peut être toxique

IV.2. paramètre physico-chimiques de l'eau

La qualité des eaux c'est à dire leurs propriétés physico-chimiques, détermine les domaines de leurs utilisation (irrigation,).

IV.2.1. Propriétés physiques

Les propriétés physiques qui permettent de caractériser l'eau sont :

IV.2.1.1. La température :

La température est un facteur indispensable dont la mesure doit être effectuée sur place avec une grande précision. La température est la qualité physique à considérer en premier lieu. Une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents sur les jeunes pousses. La température optimale se situe aux environs de 25°.

IV.2.1.2. Le pH :

Dans le domaine de l'eau, Le pH joue un rôle primordial, à la fois :

- Dans la propriété physico- chimique (acidité, alcalinité, agressivité).
- Dans les processus biologique dont certains exigent des limites très étroites de pH.
- Dans l'efficacité de certains traitements : coagulation, adoucissement, contrôle de corrosion, chloration.

IV.2.1.3. La conductivité électrique:

La conductivité électrique de l'eau reflète assez bien sa teneur en sels dissous ou minéralisation. Une eau pure présente une très faible conductivité alors qu'une eau fortement minéralisée voit sa conductivité croître jusqu'à 10 ordres des grandeurs.

L'unité de mesure est le micro siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$) à 25 °C.

IV.2.2. Propriétés chimiques :

Les propriétés chimiques proviennent essentiellement des sels dissout, certains de ces sels sont utiles même si les eaux en sont très riches comme le Ca^{+2} , d'autre utiles à faible dose, deviennent nocifs à forte dose. Le sel le plus nocif est le chlorure de sodium.

IV.2.2.1. Expression des concentrations des différents éléments:

Les études chimiques ont montré que la capacité chimique de réaction d'un élément en solution, ne dépend pas de sa teneur en poids de sel dissout, mais plutôt du nombre d'équivalent entrant en réaction, c'est pour cela que les concentrations sont exprimées en milliequivalent/L.

D'autre expression de la concentration sont utilisées:

- Milligramme par litre (mg/l).
- Gramme par litre (g/l).

IV.2.2.2. Les chlorure dans l'eau:

Les teneurs en chlorures dans les eaux sont extrêmement variées, La présence des chlorures dans les eaux peut avoir plusieurs origines, leur teneur doit être inférieur à 50 g/l, mais elle peut subir des variations;

- Provoquées par un lessivage superficiel, en cas de fortes pluies dans les zones arides.
- Dues au pollutions liées à des rejet d'eaux usées (mines de potasse, industrie chimique...).

Une teneur en chlorure provoque les conséquences suivantes :

- Confère à l'eau une saveur désagréable.
- Peut provoquer une corrosion des canalisations et réservoirs.
- Limitent les rendements des terres agricoles.

IV.3.Méthodes usuelles de détermination des propriétés physiques

IV.3.1. Détermination du pH:

Principe:

La mesure de pH de l'eau analyser est réalisé avec un pH-mètre portatif CG718.

Mode opératoire:

La mesure de pH est faite comme suit:

On étalonne le pH-mètre avec des solutions étalons pH=4,6 et pH=9 après avoir rincer l'électrode en verre, à l'eau distillée, on introduit dans l'eau

Les résultats correspondent à la valeur lue sur le pH-mètre.

IV.3.2. Détermination de la conductivité

La mesure de la conductivité a été réalisée à l'aide d'un conductimètre portable. Une fois l'appareil étalonné, on introduit l'électrode de ce dernier dans l'eau à analyser. Après stabilisation, on note la valeur indiquée.

Les valeurs lues sur conductimètre sont exprimées en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

IV.4. Différents dosages des éléments chimiques de l'eau

IV.4.1. Dosage des anions

IV.4.1.1. Détermination de l'alcalinité

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de pH et le volume d'eau à analyser

La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique TA, la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet TAC. Aucun remplissage de la burette n'intervenant entre les deux lectures. TA sera inclus dans TAC, et de ce fait, lui sera toujours inférieur. On peut opérer soit en présence d'indicateur coloré soit en utilisant un pH-mètre.

IV.4.1.2. Dosage des nitrates dans l'eau

Dans les eaux résiduaires, les teneurs en nitrates sont en général peu élevée ; mais dans les campagnes, ces teneurs peuvent être très importantes (100mg/l). En présence de salicylate de sodium ; les nitrates donnent du paranitro salicylate de sodium coloré jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

IV.4.1.3. Dosage des chlorures

Des ions Cl^- sont dosés en milieu neutre par précipitation avec une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur.

La fin du dosage est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge brique due à la formation d'un précipité de chromate d'argent.

IV. 4.1.4. Dosage des sulfates

Méthode par Spectrophotomètre électronique. Les ions SO_4^{2-} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évaluée gravi métriquement.

IV.4.2. Dosage des cations

IV.4.2.1. Dosage de calcium

On a utilisé le spectrophotomètre à flamme.

IV.4.2.2. Dosage du sodium et du potassium

Ils étaient dosés par spectrométrie à flamme.

IV.4.2.3. Dosage de magnésium

Il était dosé par Spectrophotomètre électronique. Il se fait par simple calcul de la teneur du magnésium et obtenu par la déférence de la valeur du calcium.

IV.5. Résultats et interprétation

Les forages qui ont fait l'objet de nos analyses exploitent les trois aquifères qui sont le Plio-quaternaire, les calcaires Lacustres et les calcaires dolomitiques, la caractérisation des eaux souterraines concerne toute les eaux de ces aquifères.

Une fois l'analyses terminées, nous avons d'une part reporté les résultats sur le diagramme – Riverside, sur le diagramme de SCHOLLER- BERKHALOF, et sur le diagramme de Piper, et d'autre part, nous avons déterminé les faciès des eaux en comparant les différentes caractérisations des ions.

Pour apprécier le risque de salinisation et le risque d'alcalinisation, nous avons mesuré la conductivité électrique et nous avons calculé le SAR (taux de sodium adsorbé).

Les résultats sont portés dans les deux Tableaux IV.2 et les caractéristiques physiques telles : le pH, la température, la minéralisation et la salinité.

Tableaux. IV. 01. Les différents paramètres physiques-Chimique.

Zone	Nom de forage	pH	Conductivité à 25° C $\mu\text{s/cm}$	Tur NTU	Ca ²⁺ mg/l	TH °F	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	TAC °F	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	NO ₃ ⁻	Fe ₂ ⁺	NH ₄ ⁺	Minéralisation mg/l
														mg/l	mg/l	mg/l	
MAMOUNIA	SD4	7,5	664	0,57	85,365	28,1	16,715	84,255	3,35	460,55	37,75	70,9	71,545	24,405	<0,2	<0,02	757
	SD6	7,53	620	0,9	92,18	28,8	32,9	99,555	4,895	327,2	26,34	60,265	85,71	18,82	<0,2	<0,02	533
	SD7	7,63	1055,5	0,555	117,03	37,2	19,06	106,54	6,97	463,6	38	120,54	100,18	33,05	<0,2	<0,02	880
SIDI KADDA	SK9	7,17	856	0,64	68,13	42,2	60,39	26,35	1,2	451,4	37	49,63	90,3	60,52	<0,2	<0,02	531
	SK9'	7,08	836	0,88	75,35	54,9	67,59	60,43	3,92	549	45	42,54	84,3	16,54	<0,2	<0,02	412
	SK8	7,2	830	0,51	68,93	42,4	60,39	44,35	1,54	457,4	37,49	49,63	89,2	25,18	<0,2	<0,02	396
	SK10	7,64	664	1,06	46,49	46,97	63,3	38,54	3,17	446	36,55	28,36	57,1	21,44	<0,2	<0,02	420
	SK05	7,55	700	0,75	48,09	28,67	62,34	40,94	3,08	380	31,14	56,72	98,65	26,19	<0,2	<0,02	538
	SK1	7,48	772	1,51	69,73	52,46	69,2	36,54	3,01	524,6	43	56,72	77,5	37,71	<0,2	<0,02	432
	SK7	7,59	735	0,98	63,32	42,8	64,72	33,34	3,21	536,8	44	35,45	66,15	17,16	<0,2	<0,02	577
	E52	7,56	786	1,26	50,5	42,8	50,5	52,54	3,87	518,5	42,5	49,63	75,9	13,49	<0,2	<0,02	598

Source : ADE Mascara, 2022

IV.5.1. Paramètres physiques

- Le pH

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau ainsi que l'état d'équilibre des éléments chimiques.

Le pH d'une solution varie en fonction de l'activité des ions (H_3O^+) ou (H^+) selon la formule $pH = -\log (H_3O^+)$, les valeurs du pH permettent de définir les milieux suivants:

- pH < 7 milieu acide
- pH > 7 milieu basique
- pH = 7 milieu neutre

L'eau de la nappe superficielle du Quaternaire de la plaine de Ghriss montrent des pH variant entre 6,8 et 8,0, donc on remarque que l'eau dans tous les puits est légèrement basique.

- Conductivité

La conductivité électrique est une mesure classique qui permet un contrôle simple et rapide de la minéralisation des solutions. La conductivité augmente en fonction de la teneur en ions dissous et de la nature des sels dissous (Bogomolov, 1962 ; Castany, 1968).

IV.6. Détermination des faciès chimique

IV.6.1. Classification de piper

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global.

Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants

Le report des résultats chimiques des eaux des deux régions sur ce diagramme montre que :

- Le chimisme des eaux analysées est caractérisé par 4 faciès : chloruré et sulfaté calcique et magnésien pour la majorité des puits d'eau, le faciès bicarbonaté calcique et magnésien, chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique et bicarbonaté calcique et magnésienne Fig. IV.01 , Fig. IV.02, Fig. IV.03

Diagramme de Piper(SIDI KADDA)

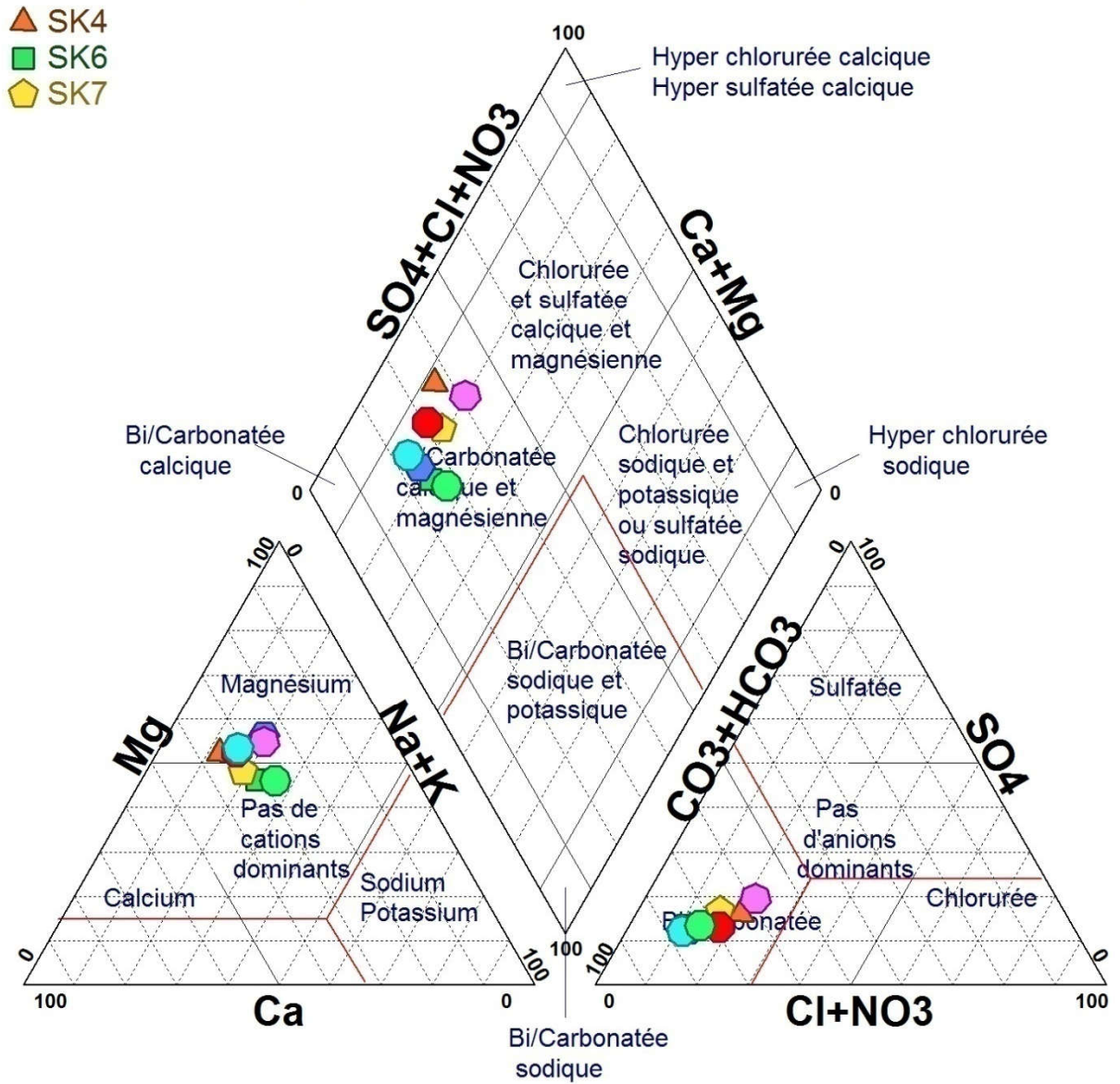


Fig. IV.01. Diagramme de piper de Sidi Kadda

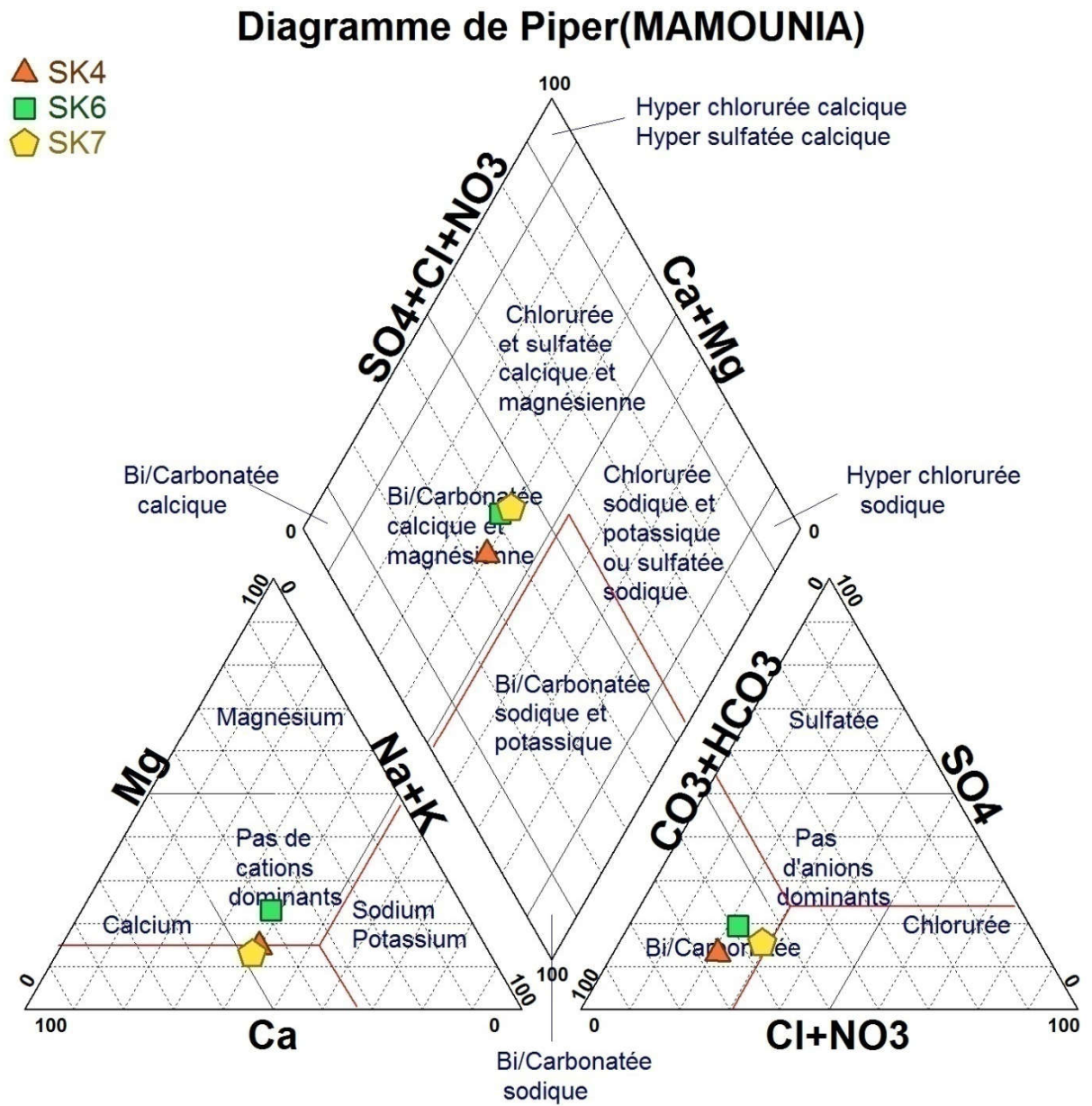


Fig . IV.02. Diagramme de piper de Mamounia.

Diagramme de Piper (SIDI KADDA , MAMOUNIA)

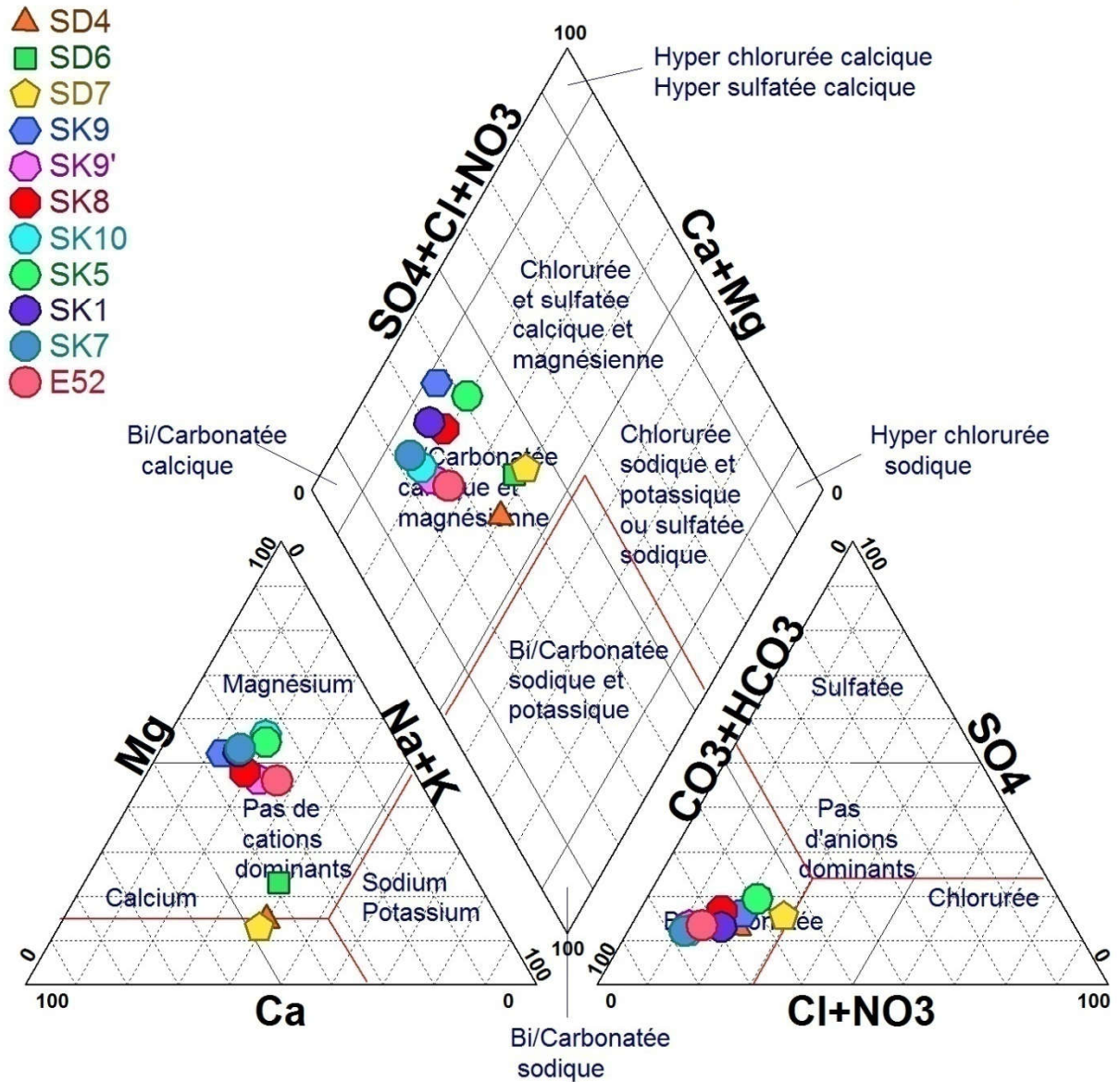


Fig. IV.03. Diagramme de piper Mamounia et Sidi Kadda.

IV.6.2. Classification de schoeller bercaloff

La représentation des eaux sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff se fait selon un diagramme semi logarithmique qui permet une représentation graphique des analyses chimiques des échantillons d'eau et la lecture des caractéristiques chimiques.

La classe d'eau est donnée par la prédominance d'un anion et d'un cation.

Ces diagrammes sont regroupés selon les faciès chimiques des eaux concentrées et qui sont respectivement :

- Eau à faciès bicarbonaté calcique ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$) (SD4, SD7, SD6) Fig.IV.04 qui présente 80% des points d'eau analysés ;

- Eau à faciès chloruré calcique (Cl-Ca) (E52) Fig. IV .05 avec 3%.

- Eau à faciès bicarbonaté magnésien (SK7.SK1, SK5.SK10, SK8.SK9, SK9') Fig. IV.06 avec 6% ;

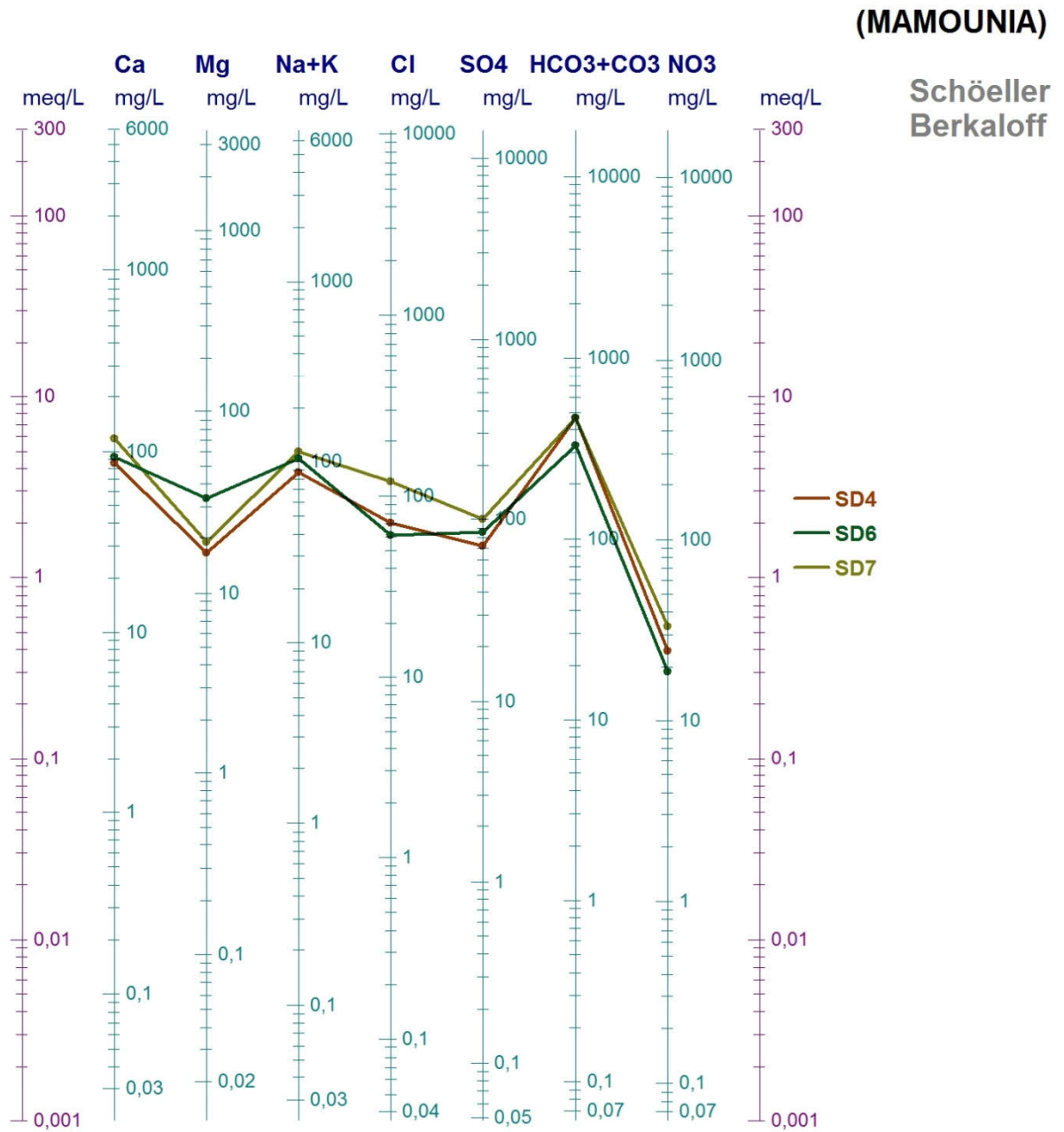


Fig. IV.04. Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux souterraines de Mamounia

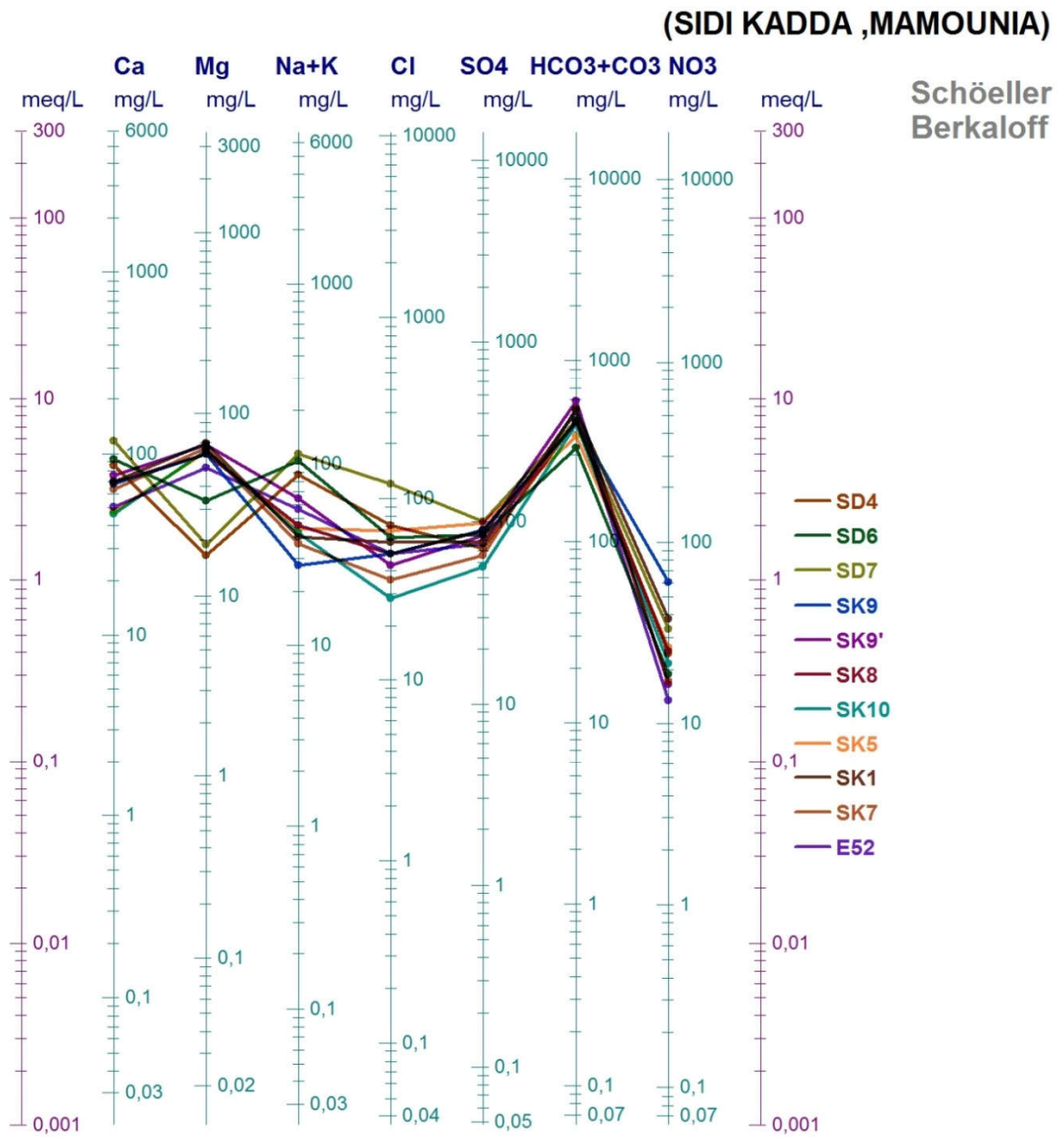


Fig. IV.05. Diagramme de Schoeller Berkalloff des eaux souterraines de Mamounia et Sidi Kadda

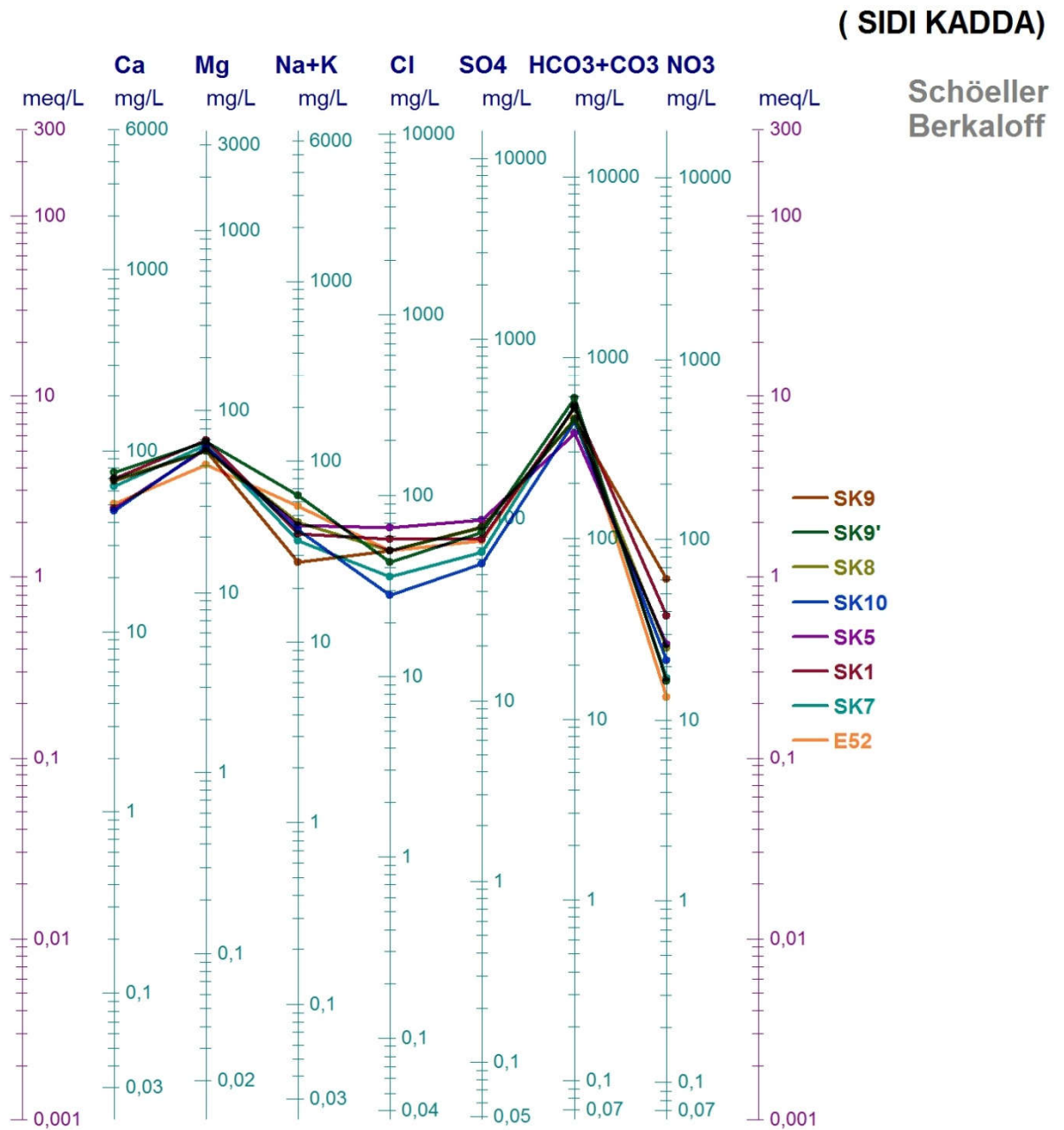


Fig. IV.06. Diagramme de Schoeller Berkaloff des eaux souterraines de Sidi Kadda

IV.3. Risque de salinisation et d'alcalisation

- Le SAR :

Les eaux superficielles et souterraines peuvent être utilisées aussi bien pour l'irrigation que pour l'alimentation humaine ou l'industrie.

Pour l'irrigation, en raison de l'effet de leurs éléments minéraux sur les végétaux, on devra tenir compte de ce que l'on dénomme le taux d'absorption du sodium que l'on appelle **SAR** qui est donné par la relation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{rNa}^+}{\sqrt{(\text{rCa}^{++} + \text{rMg}^{++})/2}}$$

Les concentrations de chaque cation, sont exprimées en milliéquivalent : (m-eq)

Les eaux se classent d'après le S.A.R de façon suivante :

SAR < 10 : eau excellente ;

10 < SAR < 18 eau bonne ;

18 < SAR < 26 eau convenable ;

SAR > 26 : eau médiocre.

Les valeurs du SAR mesurés pour les 11 points d'eau situés dans les deux régions Sidi Kadda et Mamounia, sont globalement inférieurs à 10 voir les Fig. IV.07 et IV 8, ce qui indique que les eaux ne présentent pas un grand risque d'alcalinisation pour les sols, elles sont bonnes pour l'irrigation.

Selon Diagramme de Richards Eaux le SAR appartient au classe C3 ou le 18 < SAR < 26 le taux élevé de sodium qui pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigent la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. L'addition de matière organique, d'amendements chimiques est souvent nécessaire.

Mais dans la plupart des cas et pour la prédiction de l'effet des eaux d'irrigation en considérant les deux critères en même temps (salinisation et sodium), à cet effet la qualité est moyenne à médiocre il faut l'utiliser avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.

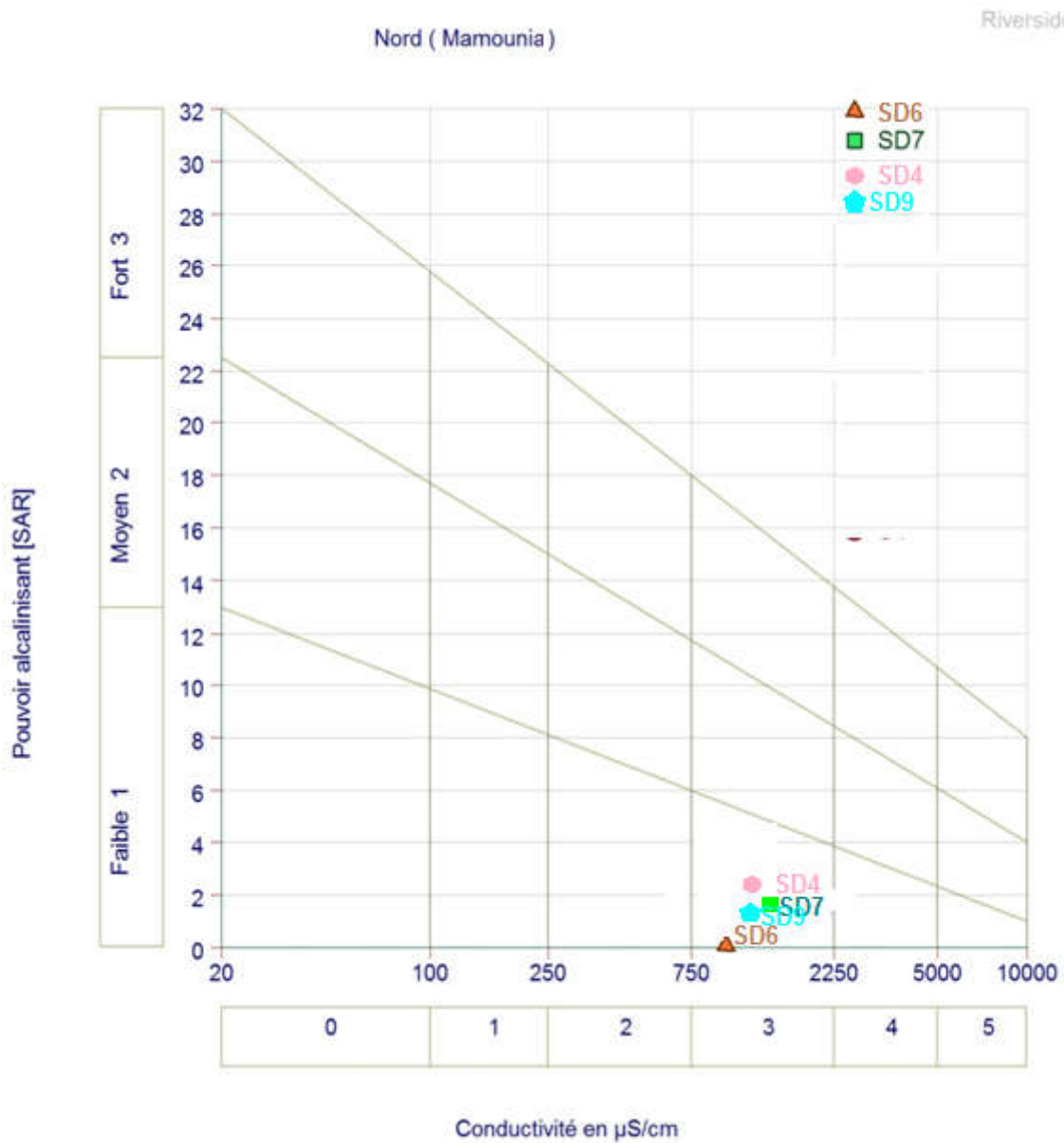


Fig. IV.07. Diagramme de Richards des eaux souterraines de Mamounia

Donc les eaux de la région de Mamounia sont classées a la classe C3S1, désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont moins minéralisées que celles de la classe de Sidi Kadda. Elles se manifestent au Nord de la plaine.

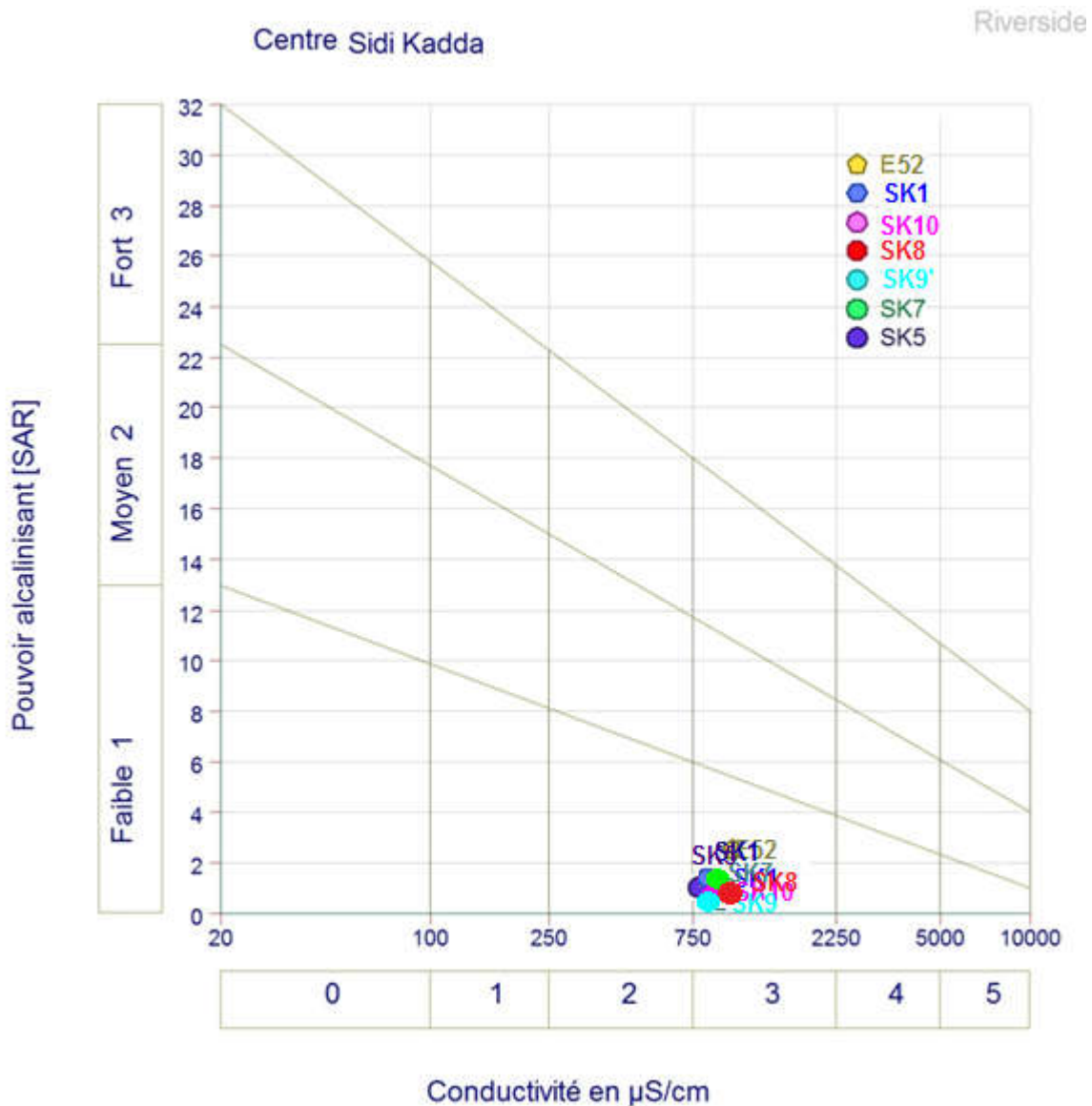


Fig. IV.08 Diagramme de Richards des eaux souterraines de la région de Sidi Kadda

Concernant les eaux de la région de Sidi Kadda sont classées à la classe C3S1, désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont plus minéralisées que celles de la classe précédente. Elles se manifestent au centre de la plaine.

Classe C3S1:- eau convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel

- Sol bien aménagé (bon drainage)
- Contrôle périodique de l'évolution de la salinité

CONCLUSION

La caractérisation hydrogéochimique des eaux de la nappe plio-quadernaire a été menée à travers de multiples approches géochimiques basées sur les méthodes d'analyses, ainsi que les outils conventionnelles d'analyses mettant en œuvre les représentations graphiques standards telle que le diagramme de Piper et Schoeller.

La représentation des analyses chimiques des eaux sur le diagramme de Piper a mis en évidence, à l'intérieur des trois grandes familles précédemment citées, trois faciès hydro chimiques avec une dominance des ions de Cl^- pour les anions et le Mg pour les cations, que sont le chloruré magnésien et calcique, le chloruré sodique et le bicarbonaté magnésien, caractérisant les eaux de recharge latérale provenant de formations carbonatées du jurassique, des formations évaporitiques du miocène et des pluies efficaces et/ou de retour des eaux d'irrigations.

L'analyse a montré que les paramètres physico-chimique Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- (et SO_4^{2-}), sont les responsables de l'acquisition de la minéralisation totale des eaux de la nappe et qu'il existe deux types d'eaux ; le premier type caractérisé par une eau trop chargée en sels à Mamounia provient essentiellement de la dissolution des formations évaporitiques (gypse et halite), le deuxième type présente les eaux les moins chargées en sels proviennent des formations carbonatées (dolomies) Sidi Kadda,



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La caractérisation hydrogéochimique des eaux de la nappe plio-quadernaire a été menée à travers de multiples approches géochimiques basées sur les outils conventionnelles d'analyses mettant en œuvre les représentations graphiques standards telle que le diagramme de Piper, Schoeller-Berkaloff et le SAR.

La représentation des analyses chimiques des eaux sur le diagramme de Piper a mis en évidence, à l'intérieure des trois grands familles précédemment citées, trois faciès hydrochimiques avec une dominance des ions de Cl^- pour les anions et le Mg^{++} pour les cations, que sont le chloruré magnésien et calcique, le chloruré sodique et le bicarbonaté magnésien, caractérisant les eaux de recharge latérale provenant de formations carbonatées du jurassique, des formations évaporitiques du miocène et des pluies efficaces et/ou de retour des eaux d'irrigations.

La plaine de Ghriss traverse depuis quelques temps et particulièrement à partir de l'année 1986 une des phases la plus critiques de son existence. Après la supplantation de l'agriculture arbustive (vigne) par le maraîchage gros consommateur d'eau, le niveau des plans d'eau a baissé dans les puits. Ce phénomène prend de l'ampleur avec l'urbanisation et en premier lieu la sécheresse. La multiplication des forages illicites y va de sa contribution en engendrant la surexploitation des différentes nappes. Pour lutter contre ce rabattement effrayant, des mesures sont nécessaires:

- Réhabiliter le réseau de surveillance piézométrique en instaurant une «police» de contrôle pour empêcher le développement des forages illicites ou profonds.
- Instaurer une méthode d'irrigation plus économique de l'eau notamment le goutte à goutte tout en introduisant de nouvelles cultures moins consommatrices d'eau.
- Pratiquer des cultures de densité et de profondeur racinaire importante, idéales pour l'alimentation hydrique de la nappe, car l'infiltration des eaux de pluies est facilitée par les microporosités créées dans le profil du sol par les racines.
- Maîtriser la demande en eau et son utilisation car une exploitation abusive provoque la contamination de la nappe (niveau de mer supérieure) et l'affaissement des sols.
- Soulager les nappes de la surexploitation en ayant recours aux eaux non conventionnelles : dessalement de l'eau de mer ou installation des stations d'épuration des eaux brutes.
- Multiplier les retenues collinaires pour permettre à la nappe de se recharger.
- Penser à subvenir aux besoins de la région (AEP, Irrigation...) en cherchant à ramener l'eau d'un autre bassin afin de soulager la nappe souterraine.
- Enfin, penser à la recharge artificielle qui consiste à injecter de l'eau à la nappe pour provoquer sa recharge.
- L'eau de la nappe est particulièrement chargée en Ca^{++} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{--} , et HCO_3^-

L'eau de notre zone d'étude se subdivise en trois grandes classes suivant l'élément prépondérant en solution.

Parmi les éléments chimiques analysés, l'ion magnésium (Mg) est dominant dans la plaine suivi par l'ion chlore (Cl) et l'ion sodium (Na). Cette eau est caractérisée par une minéralisation relativement élevée (880 mg/l) à Mamounia, cette minéralisation est en tendance d'augmentation dans les dernières années, on peut expliquer cette augmentation par l'intensité de pompage d'eaux dans la plaine, et aussi par l'effet de sécheresse qui sévit la région depuis les années 1980, qui est matérialiser par l'évaporation intense et la rareté des précipitations, par contre la minéralisation des eau de Sidi Kadda est inférieure atteints jusqu'à 396 mg/l

Les résultats obtenues que les eaux de Sidi Kadda sont classées C3S1, désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont plus minéralisées que celles de la classe précédente. Elles se manifestent au centre de la plaine, convenant aux plantes qui présentent une bonne tolérance au sel, sol bien aménagé (bon drainage) nécessite un contrôle périodique de l'évolution de la salinité. Par contre les eaux de Mamounia est des classes C3S1, désignent les eaux de qualité médiocre, qui sont plus minéralisées que celles de la classe précédente. Elles se manifestent au Nord de la plaine.

En perspective les eaux de Sidi Kadda nécessitent une vision son arrêt et d'avenir d'incarner le projet d'embouteillage d'eau minérale dans les décisions, mais c'est après avoir procédé à des analyses microbiologiques et ce n'est pas pour une raison, mais pour ouvrir la voie à des investissements afin de créer des emplois et régler le problème de la crise du travail pour soulager les gens de Sidi Kadda et ces limitrophes.



Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. **ABH, (2012)** : Rapport de synthèse du plan directeur d'aménagement des ressources en eau amélioration de l'outil PDARE suivi de la nappe de Ghriss, Troisième rapport
2. **ALLEM, B ,MAOUI.A(1994)**:contribution a l'étude hydrogéologique de la plaine d'el teref mémoire d'ingénieur ,univ de annaba
3. **ANRH, (2008)** : Carte géologique interprétative, Mostaganem, Feuille NI-31-XIX., carte des ressources en eau souterraines du Nord Algérie.
4. **Bekkoussa S.et al. (2016)**: Caractérisation hydro chimique et évaluation de la qualité des eaux de la nappe Plio-Quaternaire de la plaine de Ghriss, Nord-Ouest de l'Algérie).
5. **Bekkoussa, B. (2009)** : Modélisation du transfert et de la propagation des nitrates dans les eaux souterraines de la plaine de Ghriss .Thèse de Doctorat, UST ORAN, Algérie et les inventaires exhaustifs faites par l'ANRH.
6. **Bogomolov, G.V. (1962)** : Ressources en eaux souterraines: classification et méthode d'évaluation. Moscou, édition de la paix.
7. **Bouabssa, N.,(2017)** : Actualisation les données de la plaine de Ghriss. Mémoire, université de Moustapha Stambouli Mascara.
8. **Castany, G. (1968)** : Traité pratique des eaux souterraines, 2ème édition. Dunod. Paris.dunod, 1968
9. **DAHMANI, A., 2010** : Impact des changements climatiques sur les ressources en eau dans le bassin versant d'OUED FEKAN wilaya de mascara. Thèse de doctorat es sciences. UNIV.ORAN.
10. **Hadadji A. et Hichour B., (2007)** : l'état de la surexploitation des nappes de la plaine de ghriss(wilaya de mascara ,mémoire d'ingénieur , Univ-Oran .)
11. **Kettab et al, (2004)** : L'eutrophisation dans les eaux de surface. Effets comparés des systèmes d'Aerations. Seminaire International sur l'eau dans le contexte saharien, université de laghouat (algérie) du 19 au 23 Novembre ,2004
12. **Matari et Douguedroit, (1995)** : Chronologie des précipitations et des sécheresses dans l'ouest Algérien. Les stratégies pour le control des sécheresses .9 conférence régionale afro-asiatique des irrigations et du drainage ,5-6 juin 1995, Alger, Algérie compte rendu ;
13. **Meddi et Humbert, (2000)** : Variabilité pluviométrique dans l'ouest algérien durant les cinq dernières décennies. 6-8 septembre 2000, Nice France.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

14. **Meddi et Hubert, (2003)** : impacts de la modification du régime pluviométrique sur la ressource en eau du Nord- Ouest de l'Algérie. In: hydrology of the Mediterranean and semiarid regions .SERVAT E., W.NAJEM, C.LEDUC et A.SHAKEEL (éd.), IAHS publication No 278, Wallingford, Royaume – Uni.
15. **Nadia, Guachemi(2014)**: étapes de réalisation d'un forage d'eau, rapport de stage ,univ de mascara
16. **Sourisseau, B., (1972)**. Étude hydrogéologique de la plaine de Ghriss. Rapport Agence Nationale des Ressources Hydraulique, Alger, Algérie.
17. **Sourisseau, B. (1970) in Bekkoussa en (2009)** : Etude hydrogéologique de la plaine de mascara, ANRH, ORAN, ALGERIE. Sourisseau in Bekkoussa en 2009 modélisatoin du transfert et de la propagation des nitrates dans les eaux souterraines de la plaine de ghriss .Thèse de Doctorat, UST ORAN, Algérie et les inventaires exhaustifs faites par l'ANRH.,
18. **Sourisseau, B. 1974** : Etude hydrogéologique de la plaine de mascara, ANRH, ORAN, ALGERIE.
19. **Taha Hocine DEBIECHE (2002)** : Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote, et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, application à la basse plaine de Seybouse nord –EST algérien. Thèse de Doct .UNIV Franch –conte ; 2002.

ANNEXES

ANNEXE

